

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

Rediseño y automatización del alumbrado exterior de los parques  
principales del campus politécnico Gustavo Galindo Velasco

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Electricidad**

Presentado por:

**Michael Douglas Amaguaya Carpio**

**José Luis Lara Rogel**

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

## Dedicatoria

---

Este proyecto va dedicado con infinito afecto a mis amados padres, Jorge Heriberto Amaguaya y Victoria Carpio Narváez, quienes desde la niñez me han brindado todo su cariño y respaldo incondicional a lo largo de mi vida personal, así como profesional; a mis hermanos Janio y Génesis que con sus ejemplos de perseverancia y superación me impulsaron a culminar mis estudios universitarios. Y por supuesto, a mi amada esposa Amy Dyer Feraud que con su paciencia y amor me dio aliento y ánimos en los momentos con mayores obstáculos.

Gracias por su apoyo y por ser mis pilares fundamentales, por ustedes ha sido posible este logro tan importante para mi formación académica y profesional.

**Michael Douglas Amaguaya Carpio.**

Desde que empecé esta carrera creía que jamás terminaría o que no podría terminarla, pero gracias a la ayuda que recibí, en primer lugar, de Dios, y en segunda de mi madre Marianita Rogel y mi hermana María José permitieron que culmine este camino que me planteé hace unos años. Sin restar importancia, también quisiera agradecer a mis hermanas Katty y Mayra, ya que ellas de la misma manera han sido parte fundamental de esta carrera universitaria. A mis amigos Lázaro Estalin y Michael Orrala que nos apoyamos en cada materia que vimos, les agradezco mucho.

**José Luis Lara Rogel**

## Agradecimientos

---

A lo largo de nuestra carrera universitaria, tuvimos el agrado de conocer a grandes profesionales dedicados a la enseñanza; a todos nuestros profesores, muchas gracias. En especial a nuestro tutor, el Msc. Héctor Plaza, que, con su guía y aportes, nos ayudó a perfeccionar este trabajo. Gracias también al ing. Ángel Blacio, por recibirnos y proporcionarnos la información que necesitábamos. También un agradecimiento a los ingenieros Christian Solano, Max Burneo, Fernando Vaca, Diana Cervantes y Francisco Daza.

---

## Declaración Expresa

---

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Michael Douglas Amaguaya Carpio y José Luis Lara Rogel damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Michael Douglas Amaguaya Carpio

---

José Luis Lara Rogel

## Evaluadores

---

**Iván David Endara Vélez**

Profesor de Materia

---

**Hector Antonio Plaza Vélez**

Tutor de proyecto

## Resumen

El alumbrado público desempeña un papel fundamental en la seguridad y comodidad de los usuarios de espacios como parqueaderos, y el campus ESPOL no es una excepción. Sin embargo, el alto consumo energético y la calidad lumínica son desafíos que afectan la eficiencia y la experiencia de los usuarios. Es debido a esto que se propone optimizar el alumbrado público en el parqueadero del campus ESPOL mediante el uso de herramientas como Dialux Evo, telegestión y mediciones de iluminación (luxómetro). Esta optimización no solo busca reducir el consumo de energía, sino también mejorar la calidad lumínica y brindar un ambiente más seguro para los usuarios.

La optimización del alumbrado público se basa en el uso de herramientas y tecnologías innovadoras. Una de estas herramientas es Dialux Evo, un software de diseño lumínico ampliamente utilizado. Utilizando Dialux Evo, se puede realizar un análisis detallado de la distribución de las luminarias en el parqueadero, optimizando su posición y cantidad para lograr una iluminación más uniforme y adecuada.

La telegestión será la tecnología fundamental, que nos permitirá controlar y regular el funcionamiento de las luminarias. Mediante el uso de esta innovadora técnica, se pueden programar horarios de encendido y apagado, así como ajustar los niveles de iluminación en función de las necesidades específicas del parqueadero, evitando así el funcionamiento innecesario y reduciendo el consumo energético. Además, estos sistemas permiten supervisar y controlar de manera centralizada el funcionamiento de las luminarias, lo que facilita la detección

de fallos y el mantenimiento oportuno. Además, contribuyen a la seguridad al garantizar una iluminación constante y confiable en todo el parqueadero [1].

La medición de la iluminación es otra herramienta esencial para evaluar el rendimiento y la eficiencia del alumbrado público. A través de mediciones precisas, se puede verificar si se están cumpliendo los niveles de iluminación requeridos y realizar ajustes en caso de ser necesario. Esto garantiza que los usuarios del parqueadero cuenten con una iluminación adecuada y segura en todo momento. Finalmente, para establecer la viabilidad del presente proyecto se emplearán índices económicos tales como VAR, TIR y Payback [2].

**Palabras Claves:** Alumbrados públicos, Tecnología LED, Telegestión, Dialux Evo.

## Abstract

*Public lighting plays a fundamental role in the safety and comfort of users in spaces such as parking lots, and the ESPOL campus is no exception. However, high energy consumption and poor lighting quality are challenges that affect the efficiency and experience of users. It is for this reason that we propose to optimize the public lighting in the ESPOL campus parking lot using tools such as Dialux Evo, telegestion and lighting measurements (luxometer). This optimization not only aims to reduce energy consumption but also to improve lighting quality and provide a safer environment for users.*

*The optimization of public lighting is based on the use of innovative tools and technologies. One of these tools is Dialux Evo, widely used lighting design software. Using Dialux Evo, a detailed analysis of the distribution of luminaires in the parking lot can be performed, optimizing their position and quantity to achieve more uniform and appropriate illumination.*

*Telegestion will be the key technology that allows us to control and regulate the operation of luminaires. By using this innovative technique, schedules for turning on and off can be programmed, as well as adjusting lighting levels based on specific parking lot needs, thus avoiding unnecessary operation, and reducing energy consumption. Additionally, these systems enable centralized monitoring and control of luminaire operation, facilitating fault detection and timely maintenance. Furthermore, they contribute to safety by ensuring constant and reliable lighting throughout the parking lot.*

*Lighting measurement is another essential tool for assessing the performance and efficiency of public lighting. Through precise measurements, it can be verified whether required*

*lighting levels are being met and adjustments can be made if necessary. This ensures that parking lot users always have appropriate and safe lighting. Finally, economic indicators such as VAR, TIR, and Payback will be used to establish the feasibility of this project.*

***Keywords:*** *Public lighting, LED Technology, Telegestion, Dialux Evo.*

## Índice general

### Contenido

1.	Resumen .....	I
2.	Abstract.....	III
3.	Índice general.....	V
5.	Abreviaturas.....	VII
6.	Simbología.....	VIII
7.	Índice de figuras.....	IX
8.	Índice de tablas .....	XI
1.	Capítulo 1.....	1
1.1	Introducción.....	2
1.2	Descripción del Problema .....	3
1.3	Justificación del Problema .....	4
1.4	Objetivos .....	5
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	5
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	5
1.5	Marco teórico.....	5
1.5.1	<i>Historia del alumbrado público en el Ecuador</i> .....	6
1.5.2	<i>Diseño de Iluminación en Parqueaderos</i> .....	8
1.5.3	<i>Eficiencia Energética en la Iluminación</i> .....	8
1.5.4	<i>Tecnología LED con potencia variable</i> .....	8
1.5.5	<i>Telegestión en luces LED</i> .....	9
1.5.6	<i>Beneficios de la Implementación de luces reguladoras de potencia</i> .....	10
1.5.7	<i>Google Earth</i> .....	10
1.5.8	<i>Normativa y base legal</i> .....	11
1.5.9	<i>Normativa para el Rediseño</i> .....	12
1.5.10	<i>Lámparas de vapor de sodio</i> .....	14
1.5.11	<i>Lámparas de inducción magnética</i> .....	15
1.5.12	<i>Luminaria LED solar</i> .....	16
1.5.13	<i>Luminarias LED LYRA</i> .....	16

1.5.14	<i>Controlador LoRa</i> .....	17
1.5.15	<i>Gateway LoRa para sistema de telegestión</i> .....	18
1.5.16	<i>Software Dialux Evo</i> .....	19
1.5.17	<i>Eficiencia energética en alumbrado público</i> .....	19
1.5.18	<i>Contaminación Lumínica</i> .....	21
1.5.19	<i>Pliego Tarifario</i> .....	22
2.	Capítulo 2.....	23
2.1	Metodología.....	24
2.2	Análisis de luminarias actuales .....	25
2.2.1	<i>Ubicación de los parqueaderos.</i> .....	25
2.2.2	<i>Análisis de las luminarias de los estacionamientos</i> .....	28
2.2.3	<i>Funcionalidad de operación</i> .....	32
2.3	Planteamiento del sistema .....	35
2.3.1	<i>Modelamiento de los parqueaderos</i> .....	36
2.3.2	<i>Parámetros para la configuración de las luminarias</i> .....	44
3.	Capítulo 3.....	46
3.1	Resultados y análisis .....	47
3.2	Análisis Técnico .....	47
3.2.1	<i>Resultado del estado de los parqueaderos de la ESPOL</i> .....	47
3.2.2	<i>Análisis de las fichas técnicas de las luminarias LED.</i> .....	49
3.2.3	<i>Descripción del sistema propuesto</i> .....	51
3.2.4	<i>Análisis de resultados</i> .....	52
3.2.5	<i>Análisis ambiental</i> .....	54
3.3	Análisis Económico.....	56
3.3.1	<i>Inversión Inicial</i> .....	60
3.3.2	<i>Consumo Energético</i> .....	60
4.	Capítulo 4.....	64
4.1	Conclusiones y Recomendaciones .....	65
4.2	Conclusiones .....	66
4.3	Recomendaciones .....	67
	Bibliografía .....	69
	Anexos.....	73

### Abreviaturas

<b>ESPOL</b>	Escuela Superior Politécnica del Litoral
<b>FIEC</b>	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
<b>CELEX</b>	Centro de Estudios de Lenguas Extranjeras
<b>SAPG</b>	Servicio de Alumbrado Público General
<b>NTE</b>	Norma Técnica Ecuatoriana
<b>ARCERNR</b>	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
<b>LOSPEE</b>	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía
<b>LOEE</b>	Ley Orgánica de Eficiencia Energética
<b>COA</b>	Código Orgánico del Ambiente
<b>LED</b>	Diodo Emisor de Luz
<b>VAN</b>	Valor Actual Neto
<b>TIR</b>	Tasa Interna de Retorno
<b>PIR</b>	Pasivo Infrarrojo
<b>ARCONEL</b>	Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

**Simbología**

<b>Voltio</b>	V
<b>Metro</b>	M
<b>Amperio</b>	A
<b>Wattios</b>	W
<b>Lumen</b>	Lm
<b>Lux</b>	lx
<b>Ohmio</b>	$\Omega$
<b>Candela</b>	cd
<b>Kilovatio-hora</b>	kWh
<b>Voltios Amperios</b>	VA
<b>Dióxido de Carbono</b>	CO <sub>2</sub>

## Índice de figuras

<i>Figura 1.1 Sistema de telegestión para alumbrado público .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 1.2 Lámparas de vapor de sodio.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 1.3 Lámparas de inducción magnética.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 1.4 Luminaria Led solar de 75 W.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1.5 Luminaria Led Lyra de 150 watts .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 1.6 Controlador LoRa de 7 pines.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2.1 Metodología del proyecto.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.2 Vista Satelital del Parqueadero FIEC.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2.3 Vista Satelital del Parqueadero CELEX.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.4 Vista Satelital del Parqueadero Biblioteca General.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.5 Lectura de luminosidad a 4 metros sobre el nivel del suelo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.6 Lectura de luminosidad promedio en parqueadero FIEC y CELEX.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.7 Lectura de luminosidad promedio en parqueadero biblioteca general.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.8 Lectura de luminosidad promedio a 1.5 metros.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.9 Luminaria ubicada en el parqueadero de la Biblioteca General.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2.10 Luminaria ubicada en el parqueadero de la FIEC.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2.11 Luminaria ubicada en el parqueadero de la FIEC.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2.12 Interacción del sistema de telegestión. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2.13 Recreación del parqueadero de biblioteca general actualmente en Dialux Evo.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 2.14 Cálculo de luxes de parqueadero de biblioteca general en Dialux Evo (condiciones actuales).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2.15 Modelamiento del sistema de alumbrado público.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2.16 vista nocturna del parqueadero de biblioteca general.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.17 Cálculo de luxes de parqueadero de biblioteca general en Dialux Evo (SAP propuesto por el autor).....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 2.18 Recreación del parqueadero FIEC actualmente en Dialux Evo.....</i>	<i>39</i>

<i>Figura 2.19</i> Cálculo de luxes de parqueadero FIEC en Dialux Evo (condiciones actuales).....	39
<i>Figura 2.20</i> vista nocturna del parqueadero de FIEC.....	40
<i>Figura 2.21</i> Modelamiento del sistema de alumbrado público FIEC en Dialux Evo.....	40
<i>Figura 2.22</i> Cálculo de luxes de parqueadero FIEC en Dialux Evo (SAP propuesto por el autor)..	41
<i>Figura 2.23</i> Recreación del parqueadero CELEX actualmente en Dialux Evo.....	42
<i>Figura 2.24</i> Cálculo de luxes de parqueadero CELEX en Dialux Evo (condiciones actuales).....	42
<i>Figura 2.25</i> Modelamiento del sistema de alumbrado público CELEX en Dialux Evo.....	43
<i>Figura 2.26</i> Cálculo de luxes de parqueadero CELEX en Dialux Evo (SAP propuesto por el autor) .....	43
<i>Figura 2.27</i> Día solar durante el año 2022 en la ciudad de Guayaquil. De abajo hacia arriba, las líneas negras son la medianoche solar anterior, la salida del sol, el mediodía solar, la puesta del sol y la siguiente medianoche solar.....	44
<i>Figura 3.1</i> Cantidad de luminarias de los parqueaderos funcionando correcta e incorrectamente .....	47
<i>Figura 3.2</i> Lux obtenidos mediante simulaciones el software Dialux tanto en el diseño actual como con el nuevo diseño y los lux obtenidos mediante el uso del luxómetro.....	52
<i>Figura 3.3</i> Emisiones de Kg de CO2 emitidas por año por parte de las luminarias con y sin telegestión y por parte de las baterías de Litio.....	55

## Índice de tablas

<i>Tabla 1.1 Parámetros de selección de iluminación tipo C en vías públicas [10]</i> .....	13
<i>Tabla 1.2 Selección de luxes en base a las clases de iluminación [10]</i> .....	14
<i>Tabla 2.1 Cantidad de luminarias en los estacionamientos FIEC, CELEX y Biblioteca General</i> .....	27
<i>Tabla 2.2 Características de luminarias LED solar</i> .....	27
<i>Tabla 2.3 Características de tecnología de luminaria inducción magnética</i> .....	28
<i>Tabla 2.4 Mediciones obtenidas con el luxómetro en los parqueaderos de interés</i> .....	31
<i>Tabla 2.5 Promedio de Luxes en los parqueaderos FIEC, CELEX y Biblioteca General</i> .....	32
<i>Tabla 2.6 Cantidad de luminarias que se encuentran funcionando incorrectamente dentro de los estacionamientos</i> .....	33
<i>Tabla 2.7 Horario de amanecer y atardecer de Guayaquil 2022</i> .....	45
<i>Tabla 2.8 Valores máximos, mínimos y promedios de las horas en las que anochece y amanece en la ciudad de Guayaquil, en el año 2022, de acuerdo a la estación climática</i> .....	46
<i>Tabla 2.9 Propuesta de dimerización de luces LED con telegestión</i> .....	47
<i>Tabla 3.1 Cantidad de luminarias Led propuesta para cada parqueadero</i> .....	48
<i>Tabla 3.2 Fichas técnicas de las luminarias LED</i> .....	49
<i>Tabla 3.3 Elementos requeridos para el sistema de alumbrado público</i> .....	52
<i>Tabla 3.4 Análisis de Precio Unitario (Propuesta #1)</i> .....	57
<i>Tabla 3.5 Análisis de Precio Unitario (Propuesta #2)</i> .....	58
<i>Tabla 3.6 Análisis de Precio Unitario (Propuesta #3)</i> .....	59
<i>Tabla 3.7 Inversión Inicial de las propuestas planteadas</i> .....	60
<i>Tabla 3.8 Cálculo de potencia del SAP con telegestión</i> .....	61
<i>Tabla 3.9 Cálculo de potencia del SAP sin telegestión</i> .....	61
<i>Tabla 3.10 Indicadores económicos VAN, TIR y Payback</i> .....	62

# Capítulo 1

## 1.1 Introducción

En la actualidad, sin duda se requiere cada vez más sistemas que nos permitan cubrir necesidades o resolver problemas con la máxima eficiencia, pero teniendo el menor impacto ambiental posible. Por lo tanto, las tecnologías con la que constan estos sistemas tienen que ser más compleja de lo normal, debido a que, deben ejecutar procesos automáticos y precisos. Un ejemplo de estos procesos automatizados, son el encendido de luces de los estacionamientos, en donde las luces además de brindar de visibilidad y un grado de seguridad, también deben constar con la capacidad de iluminar sin generar un consumo innecesario de energía, es decir, deben ser amigables con el medio ambiente.

Para el proyecto de rediseño y automatización del alumbrado exterior de los parques principales del campus universitario politécnico se realizó un estudio del uso de las luminarias ubicadas en los sectores de interés, ya que el sistema de iluminación tiene gran importancia a nivel de seguridad, comodidad y de eficiencia para este espacio utilizado por estudiantes, profesores, administrativos, visitantes, entre otros.

Se puede apreciar que las luminarias usadas en los parqueaderos del campus politécnico son de una composición mixta en cuanto a su tecnología, puesto que por un lado se tiene luminarias de uso convencional y que funcionan con tecnología antigua u obsoleta como las lámparas de inducción magnética, mientras que a su vez se puede observar luminarias LED con paneles solares incorporados las cuales en conjunto presentan diferentes desventajas como vida útil limitada, bajo rendimiento lumínico y de consumo energético.

La propuesta de una automatización al alumbrado ayuda a adaptar el uso de las luminarias a la necesidad realmente requerida por los usuarios. Mejorando la eficiencia, reduciendo costos de mantenimiento y garantizando una iluminación óptima.

Los aspectos evaluados para el rediseño y una automatización inteligente son: la distribución del espacio, horarios, tráfico vehicular, seguridad y normativas. Lo cual determina el diseño y tecnología a usar, como la iluminación LED, para la mitigación del impacto ambiental que incluso se pueda integrar con una plataforma que conste con un sistema de gestión para las luminarias, permitiendo monitorear el funcionamiento, establecer horarios, detectar daños, entre otros beneficios. Esta implementación permitirá también que la intensidad de las luminarias, de acuerdo a las condiciones ambientales en las que se encuentren respondan de una manera automática y precisa, evitando el desaprovechamiento energético por la potencia usada.

El proyecto busca con su rediseño y automatización brindar a la comunidad universitaria un espacio adecuadamente iluminado promoviendo la responsabilidad con el medio ambiente, seguridad y confort para los usuarios de los parqueos, sobre todo reducir costos operativos y motivar la eficiencia energética.

## **1.2 Descripción del Problema**

El campus politécnico Gustavo Galindo Velasco ubicado en la ciudad de Guayaquil–Guayas actualmente cuenta con áreas e infraestructuras renovadas, en conjunto con equipos y sistemas vanguardistas. Sin embargo, existen sectores desatendidos o no prioritarios a corto o mediano plazo para la implementación de proyectos que optimicen ciertos procesos o servicios que se destinan al uso de la comunidad politécnica. Este proyecto surge de la necesidad de alcanzar los

objetivos de la universidad ESPOL, cuyo fin es promover un desarrollo responsable con el medio ambiente y en busca de alcanzar una alta eficiencia se tiene un enfoque particular a las luminarias ubicadas en los distintos parqueaderos de la sede politécnica, en específico aquellas que se encuentran en los parqueaderos FIEC, CELEX y biblioteca general; puesto que se tiene pleno conocimiento que diferentes actividades que se realizan dentro del campus van disminuyendo a medida que va anocheciendo (pasada las 9 pm), es decir, que a partir de este horario la frecuencia con la que transitan o circulan por los parqueaderos ya sea estudiantes, profesores, trabajadores o visitantes va decreciendo hasta el día posterior cuando se reanudan las clases o actividades laborales, en cada una de las facultades o diferentes oficinas administrativas y técnicas de la universidad. Si bien, las luminarias con tecnología antigua o anticuada (vapor de sodio o de inducción magnética) ubicadas en los distintos parqueaderos de interés fueron sustituidas por luminarias led con panel solar, estas no ofrecen una iluminación adecuada conforme a lo establecido bajo ciertas normativas de construcción. Esto sin contar que ciertas luminarias no se cargan adecuadamente durante el día, lo que a la postre contrae problemas a la hora de brindar las horas de iluminación esperadas durante la noche.

### **1.3 Justificación del Problema**

Las luces de los estacionamientos del campus politécnico luego de realizar el estudio del rediseño del sistema que controla tanto su encendido como la intensidad lumínica que estas emiten, permitirá que se use apropiadamente todas las áreas de los estacionamientos y dentro de los horarios en donde existe afluencia de personas. Es decir, solo cuando haya personas

usando los estacionamientos, las luces brindarán toda la capacidad de su luminiscencia, y cuando no haya personas las luces disminuirán su intensidad lumínica.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Realizar un estudio de las mejoras que tendría rediseñar el sistema de las luminarias exteriores de los estacionamientos FIEC, CELEX y biblioteca general que forman parte del campus politécnico, mediante la simulación del software Dialux Evo para disminuir el tiempo de inutilización de las luminarias.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

1. Realizar el levantamiento eléctrico de las luminarias ubicadas en los principales parqueaderos del campus politécnico (FIEC, BIBLIOTECA CENTRAL y CELEX), mediante la implementación de un software (Dialux Evo).
2. Determinar el consumo energético actual de las luminarias en mención, para realizar una comparativa en función del rediseño de luminarias que se desean implementar, estableciendo el posible ahorro económico que se generara.
3. Establecer la viabilidad y rentabilidad del proyecto en función de indicadores económicos como el VAN, TIR y payback.

## **1.5 Marco teórico**

Las necesidades del ser humano han ido aumentando o modificándose a lo largo de los años, por lo que se busca brindar soluciones a estas problemáticas de tal manera que se genere el menor gasto posible, ya sea en recursos económicos, materia prima o de espacios que se

requieran para solucionar determinada necesidad. Una de estas problemáticas o necesidades es el uso ineficiente de las luminarias que se encuentran en los estacionamientos exteriores de determinados establecimientos, ya que al no tener un sistema que les permita tener un control de la intensidad lumínica que emiten las luminarias, produce un consumo energético excesivo y generan altos índices de contaminación lumínica. Por ende, en esta sección se brinda la información requerida, con el propósito de conocer los conceptos necesarios para poder desarrollar este rediseño de las luminarias de los estacionamientos de la ESPOL.

### ***1.5.1 Historia del alumbrado público en el Ecuador***

En el año 2005, en la Universidad Técnica de Quito, un grupo de estudiantes de ingeniería eléctrica se unió para abordar el desafío del alumbrado público ineficiente y costoso en Ecuador. Inspirados por la necesidad de mejorar la calidad de vida de las comunidades y reducir el impacto ambiental, comenzaron a investigar tecnologías innovadoras en el campo de la iluminación.

En 2007, tras meses de investigaciones y análisis, los estudiantes presentaron un proyecto piloto para reemplazar las luminarias tradicionales por luminarias LED en la ciudad de Guayaquil, una de las más grandes del país. Convencidos de que esta tecnología era la clave para lograr una iluminación más eficiente, segura y sostenible, trabajaron arduamente para obtener el apoyo necesario de las autoridades municipales.

En 2008, con el respaldo del gobierno local, comenzó la implementación del proyecto en Guayaquil. Las calles principales, parques y plazas se llenaron de luminarias LED, proporcionando una iluminación clara y uniforme. La ciudad se transformó en un lugar más seguro y atractivo

para los residentes y visitantes, mientras que los costos de energía y mantenimiento se redujeron considerablemente.

El éxito del proyecto en Guayaquil se convirtió en un ejemplo para otras ciudades ecuatorianas. En 2010, la ciudad de Quito, la capital del país decidió embarcarse en una iniciativa similar. Los estudiantes de la Universidad Central de Quito se unieron a esta misión y trabajaron en colaboración con el municipio para reemplazar las antiguas luminarias por luminarias LED en todo el centro histórico de la ciudad.

Para 2012, la iluminación LED ya se había extendido a varias ciudades importantes de Ecuador, como Cuenca, Ambato y Riobamba. Los estudiantes universitarios, ahora convertidos en expertos en el campo del alumbrado público, compartieron sus conocimientos y experiencias a través de conferencias y talleres en diferentes universidades del país. Establecieron un vínculo sólido entre la academia y las autoridades municipales, fomentando la colaboración y el intercambio de buenas prácticas.

A medida que pasaban los años, la tecnología LED se convirtió en la opción dominante para el alumbrado público en todo Ecuador. En 2015, la Asamblea Nacional aprobó una legislación que promovía el uso obligatorio de luminarias LED en todas las ciudades del país como parte de una estrategia nacional de eficiencia energética.

Hoy en día, Ecuador es reconocido a nivel internacional por su liderazgo en la implementación de luminarias de alumbrado público eficientes y sostenibles. Las ciudades se benefician de una iluminación de calidad, mientras que se logran importantes ahorros energéticos y reducciones en las emisiones de carbono [3].

### ***1.5.2 Diseño de Iluminación en Parqueaderos***

El diseño de iluminación en parqueaderos implica consideraciones específicas para proporcionar niveles adecuados de iluminación y seguridad. Se pueden utilizar principios de diseño como niveles de iluminancia recomendados, uniformidad de la iluminación y control del deslumbramiento. Estos principios proporcionan una base para optimizar la iluminación en el parqueadero [4].

### ***1.5.3 Eficiencia Energética en la Iluminación***

La eficiencia energética es un aspecto clave en el diseño de sistemas de iluminación. La implementación de luminarias reguladoras de potencia permite optimizar los recursos energéticos, llevando a la vez en un ahorro económico, con lo cual se evita la iluminación innecesaria durante períodos de baja actividad. Esto puede conducir a un ahorro significativo de energía al reducir la operación de las luminarias cuando no se necesita iluminación completa [5].

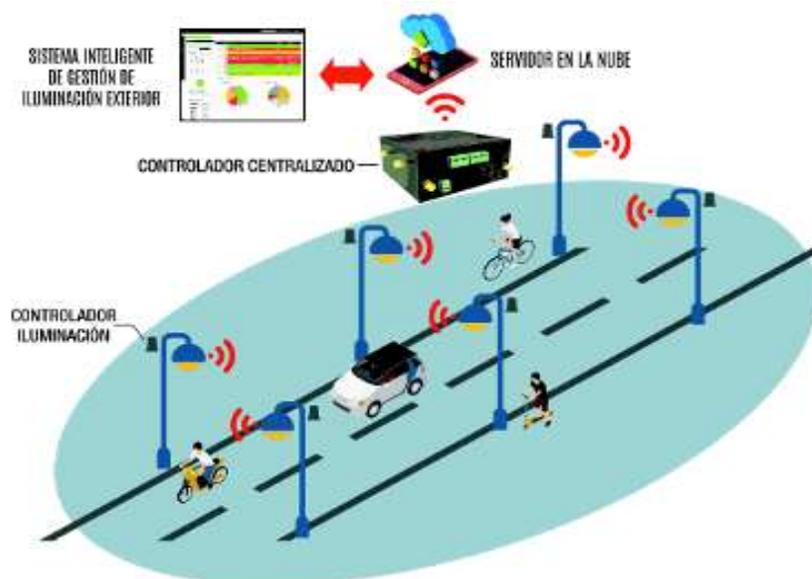
### ***1.5.4 Tecnología LED con potencia variable***

Las luminarias LED reguladoras de potencia para alumbrado público son dispositivos de iluminación que utilizan tecnología LED (diodos emisores de luz) para proporcionar una fuente de luz eficiente y duradera en espacios públicos como calles, carreteras y plazas. El término "reguladoras de potencia" se refiere a la capacidad de estas luminarias para ajustar la intensidad lumínica según las necesidades específicas del entorno y el momento del día. Esto se logra mediante el uso de sistemas de regulación inteligente, como sensores de luz ambiental,

temporizadores o tecnologías de control remoto, que permiten aumentar o disminuir la potencia de la luz emitida según la cantidad de luz natural presente o el nivel de actividad en la zona [6].

### ***1.5.5 Telegestión en luces LED***

La telegestión en luces LED es una innovadora tecnología que permite el control remoto y la monitorización avanzada de sistemas de iluminación basados en tecnología LED. A través de la telegestión, las luminarias LED están conectadas a una red central, lo que permite a los operadores gestionar múltiples luces desde una ubicación centralizada. Esto significa que es posible ajustar la intensidad de la luz, programar horarios de encendido y apagado, así como recibir información en tiempo real sobre el estado y el rendimiento de cada luminaria. La telegestión no solo proporciona mayor comodidad y eficiencia en la gestión del alumbrado, sino que también permite realizar un mantenimiento más proactivo, identificando rápidamente problemas y reduciendo el tiempo de inactividad. Además, al adaptar el nivel de iluminación a las necesidades específicas en cada momento y lugar, la telegestión en luces LED contribuye significativamente al ahorro energético y la reducción de costos operativos. Esta tecnología es especialmente relevante en entornos urbanos, industriales y comerciales, donde la eficiencia energética y la sostenibilidad son aspectos clave en la planificación y operación de la iluminación pública y privada [7].



*Figura 1.1 Sistema de telegestión para alumbrado público*

### **1.5.6 Beneficios de la Implementación de luces reguladoras de potencia.**

La combinación de tecnología LED con la regulación de potencia permite un ahorro significativo de energía, lo que se traduce en reducciones importantes en las facturas de electricidad y, a su vez, en una menor huella de carbono. Al ajustar la intensidad lumínica según la demanda, se evita el derroche de energía y se optimiza la eficiencia de la iluminación, garantizando una cobertura adecuada sin desperdiciar recursos [8].

### **1.5.7 Google Earth**

Google Earth es una plataforma de cartografía en línea que utiliza imágenes satelitales y de fotografía aérea para crear una representación tridimensional de la Tierra. Permite a los usuarios explorar lugares de todo el mundo, acercar y alejar la vista, y obtener información geoespacial detallada. En el contexto de calcular superficies de estacionamientos en la ESPOL, Google Earth permite visualizar y medir áreas específicas de estacionamiento en el campus,

gracias a sus herramientas de medición y área. Al trazar los límites de los parqueaderos en la imagen satelital, se puede calcular el área total en metros cuadrados, proporcionando una estimación precisa de la superficie de los estacionamientos [9].

### ***1.5.8 Normativa y base legal***

Es esencial cumplir con las normativas y regulaciones locales relacionadas con la iluminación en parqueaderos. Estas normativas pueden incluir requisitos de iluminancia mínima, niveles de uniformidad y control de deslumbramiento. Además, se deben considerar aspectos de seguridad relacionados con la telegestión, como la protección de datos y la privacidad de los usuarios.

- Norma ARCERNR 006/20: Esta norma sienta las bases técnicas que regularan a las empresas eléctricas distribuidoras prestadoras de servicio de alumbrado público general priorizando la eficiencia y calidad energética, así como la forma de pago por el servicio prestado aquellos consumidores regulados y no regulados. Esta norma servirá para calcular la cantidad de energía consumida por el alumbrado público en cada uno de los puntos de interés [10].
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2248: Esta norma establece los requisitos mínimos de iluminación para áreas exteriores y parqueaderos. Define los niveles de iluminancia recomendados, la uniformidad de la iluminación y otros aspectos técnicos relacionados con la calidad de la iluminación en los parqueaderos [11].

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEM 2506: La normativa hace referencia a los límites de eficiencia energética que se deben cumplir en diferentes aspectos de una construcción o instalación [12].
- Código Orgánico del Ambiente (COA): El COA es una ley ecuatoriana que tiene como objetivo garantizar el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Esta legislación establece disposiciones para la protección del medio ambiente, incluyendo regulaciones relacionadas con la contaminación lumínica y el consumo de energía en el alumbrado público [13].
- Normativas Municipales: Además de las normativas a nivel nacional, cada municipio en Ecuador puede tener sus propias normativas y regulaciones relacionadas con el alumbrado público en parqueaderos. Estas normativas pueden incluir aspectos como la instalación, mantenimiento, diseño y eficiencia energética de las luminarias [14].

#### ***1.5.9 Normativa para el Rediseño***

Establecer los lineamientos bases para el rediseño de los diferentes parqueaderos del campus politécnico conforme a lo establecido en la regulación ARCERNNR 006/20, será vital para aprovechar los recursos existentes en cada una de las áreas de interés, así como, saber dónde y cómo implementar los nuevos equipos y sistemas con la finalidad de alcanzar la mayor eficiencia posible. Para esto se debe iniciar con la selección de tipo de iluminación a utilizar en función al tipo vía.

Los indicadores que se mencionaran a continuación son características básicas y esenciales que deben cumplir el rediseño que se desea realiza. Además, se debe establecer los

parámetros para la clase de iluminación, de lo cual se puede observar en la tabla 1.1. En base a la composición del tráfico, esta se puede describir como una vía de conflictos, misma que la regulación 006/2020 la define como:

- Se producen cuando el flujo de vehículos se cruza entre sí o se dirige hacia lugares frecuentados por peatones, ciclistas o usuarios de otros caminos; o cuando, hay un cambio en la geometría de la vía, tales como una reducción del número de carriles o la reducción del ancho de un carril o una calzada.

La clase de iluminación  $C$ , en la zona de conflicto, se determina de la siguiente manera:

$$C = 6 - \sum Vps$$

Donde:

$C$  = Toma valores de 0 a 5 y corresponde a las clases de iluminación desde C0 a C5, respectivamente.

$\sum Vps$  = Sumatorio de los parámetros seleccionados en función de la Tabla 1.1.

*Tabla 1.1 Parámetros de selección de iluminación tipo C en vías públicas [10]*

Parámetros	Opciones	Valor de ponderación (Vps)
<b>Velocidad</b>	Elevado	3
	Alto	2
	Moderado	1
	Bajo	0
<b>Volumen de Tráfico</b>	Alto	0,5
	Moderado	0
	Bajo	-0,5
	Muy bajo	-1

<b>Composición de Tráfico</b>	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2
	Mezclado	1
	Solamente motorizado	0
<b>Separación de vías</b>	Si	0
	No	1
<b>Iluminación Ambiental</b>	Alta	1
	Moderada	0
	Baja	-1
<b>Guías visuales</b>	Pobre	0,5
	Moderado o bueno	0

Determinando la clase de iluminación tipo C, se puede dar a conocer los parámetros fotométricos para la zona de conflicto.

*Tabla 1.2 Selección de luxes en base a las clases de iluminación [10]*

Clase de iluminación	Iluminancia Promedio $E$ (lx)	Uniformidad de la Iluminancia $U_0$	Incremento de Umbral (%)	
			Moderada y Alta Velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0,40	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7,5		15	25

### **1.5.10 Lámparas de vapor de sodio**

Las lámparas de vapor de sodio son ampliamente utilizadas en aplicaciones de alumbrado público debido a su alta eficiencia luminosa y larga vida útil. El principio de funcionamiento de estas lámparas se basa en la descarga eléctrica en un tubo de descarga lleno de sodio vaporizado

y un gas inerte. A medida que la corriente eléctrica pasa a través del tubo, el sodio se excita y emite luz cuando vuelve a su estado fundamental [15].



*Figura 1.2 Lámparas de vapor de sodio*

#### ***1.5.11 Lámparas de inducción magnética***

Las lámparas de inducción magnética son una alternativa eficiente energéticamente y de larga vida útil en el campo de la iluminación. Estas lámparas utilizan un campo magnético de alta frecuencia para excitar un gas contenido en un tubo de descarga, lo que produce luz visible [16].



*Figura 1.3 Lámparas de inducción magnética*

### ***1.5.12 Luminaria LED solar***

Las luminarias LED solares de 75 W son dispositivos de iluminación que utilizan tecnología LED y paneles solares fotovoltaicos para proporcionar una fuente de luz potente y eficiente, con una potencia nominal de 75 vatios. Estas luminarias están diseñadas para operar de manera autónoma, sin necesidad de estar conectadas a la red eléctrica, ya que obtienen la energía necesaria del sol a través de sus paneles solares [17].



*Figura 1.4 Luminaria Led solar de 75 W*

### ***1.5.13 Luminarias LED LYRA***

Las luminarias LED LYRA de 150 watts representan una solución de iluminación de vanguardia que combina una potencia luminosa considerable con la eficiencia energética inherente a la tecnología LED. Diseñadas para proporcionar una iluminación uniforme y brillante, estas luminarias se distinguen por su capacidad para producir una intensidad lumínica significativa con un consumo de energía reducido en comparación con tecnologías tradicionales. Las luminarias LED LYRA de 150 watts se eligen como una opción versátil y respetuosa con el

medio ambiente, capaces de satisfacer las demandas de espacios diversos, desde entornos industriales hasta comerciales y residenciales, contribuyendo así a una mayor sostenibilidad y calidad lumínica en una amplia gama de aplicaciones [18].



*Figura 1.5 Luminaria Led Lyra de 150 watts*

#### **1.5.14 Controlador LoRa**

Un controlador LoRa de luminaria representa una sofisticada confluencia de tecnologías al servicio de la eficiencia energética y la conectividad inalámbrica. Este ingenioso dispositivo se establece como un punto de convergencia entre la tecnología Long Range (Larga Distancia) y la gestión lumínica, permitiendo un control preciso y versátil de la iluminación urbana o industrial. Mediante la implementación de la arquitectura LoRa, el controlador no solo garantiza una comunicación estable y de largo alcance, sino que también habilita la monitorización y el ajuste

remoto de los niveles lumínicos, lo cual propicia una optimización de recursos y una capacidad de respuesta adaptable a las necesidades cambiantes del entorno. En síntesis, el controlador LoRa de luminaria materializa una simbiosis innovadora entre la eficacia energética y la conectividad inteligente, redefiniendo la manera en que se concibe y regula la iluminación en el tejido urbano contemporáneo [19].



*Figura 1.6 Controlador LoRa de 7 pines*

#### ***1.5.15 Gateway LoRa para sistema de telegestión***

Un Gateway LoRa en el marco de un sistema de telegestión representa un nodo estratégico de interfaz y transmisión, que fusiona la innovadora tecnología Long Range (Larga Distancia) con la eficacia de la administración remota. Este dispositivo de vanguardia desempeña una función esencial al actuar como el enlace fundamental entre una red de sensores y dispositivos de comunicación de baja potencia, diseminados a lo largo de un extenso dominio geográfico, y una infraestructura centralizada de control y supervisión. Su misión radica en la captura, recopilación y retransmisión efectiva de datos emanados de los dispositivos periféricos, abriendo una vía de

comunicación bidireccional que permite a los operadores gestionar, analizar y optimizar de manera remota y en tiempo real una multitud de variables y sistemas [19].

#### ***1.5.16 Software Dialux Evo***

Dialux Evo es un software de diseño y cálculo de iluminación utilizado ampliamente en la industria para simular y planificar proyectos de iluminación. Proporciona herramientas y funcionalidades avanzadas que permiten realizar análisis lumínicos precisos, evaluar la eficiencia energética y generar visualizaciones realistas. En el contexto de un proyecto de iluminación para una universidad, Dialux Evo se convierte en una herramienta esencial para garantizar una iluminación adecuada y confortable en diferentes espacios, como aulas, bibliotecas, pasillos, auditorios, etc [20].

#### ***1.5.17 Eficiencia energética en alumbrado público***

La eficiencia energética en luminarias de alumbrado público hace referencia a la capacidad de estas luminarias para proporcionar niveles adecuados de iluminación utilizando la menor cantidad de energía posible. Implica el uso de tecnologías y estrategias que minimicen las pérdidas de energía y maximicen la conversión de energía eléctrica en luz útil. En el contexto de las luminarias de alumbrado público en universidades, la eficiencia energética se puede lograr a través de diferentes enfoques:

- **Tecnología de iluminación eficiente:** La elección de tecnologías de iluminación más eficientes, como las lámparas LED, puede proporcionar una mejora significativa en la eficiencia energética. Las luminarias LED son capaces de generar una mayor cantidad de

luz con menor consumo de energía en comparación con tecnologías tradicionales como las lámparas de vapor de sodio o mercurio.

- **Control de iluminación:** La implementación de sistemas de control de iluminación, como sensores de movimiento y reguladores de intensidad, permite ajustar la cantidad de luz proporcionada según las necesidades específicas de cada área. Esto evita el funcionamiento innecesario de las luminarias durante períodos de baja actividad, lo que conduce a un uso más eficiente de la energía.
- **Diseño y distribución de luminarias:** Un diseño adecuado y una distribución eficiente de las luminarias pueden maximizar la cobertura de iluminación requerida con un menor número de luminarias, evitando el desperdicio de energía en áreas no deseadas o mal iluminadas.
- **Mantenimiento regular:** El mantenimiento adecuado de las luminarias, incluyendo la limpieza de las superficies y la sustitución de componentes defectuosos, asegura que funcionen de manera óptima y eficiente. Esto evita la degradación de la eficiencia lumínica y prolonga la vida útil de las luminarias.
- **Gestión inteligente del alumbrado público:** La implementación de sistemas de gestión centralizados que monitorean y controlan de manera inteligente el funcionamiento de las luminarias puede optimizar aún más la eficiencia energética. Estos sistemas permiten programar horarios de encendido y apagado, ajustar niveles de iluminación y recibir alertas sobre fallas o averías.

En última instancia, la eficiencia energética en luminarias de alumbrado público en universidades busca reducir el consumo de energía, los costos operativos y el impacto ambiental, al tiempo que se garantiza una iluminación adecuada y segura para el campus universitario. Al implementar medidas y tecnologías eficientes, las universidades pueden generar ahorros significativos en su consumo energético y contribuir a la sostenibilidad ambiental [5].

#### ***1.5.18 Contaminación Lumínica***

La contaminación lumínica es un fenómeno causado por el uso excesivo, inadecuado o mal dirigido de la luz artificial en el entorno nocturno. Se caracteriza por la emisión excesiva de luz que se extiende más allá de las áreas donde es necesaria, generando un brillo y resplandor innecesario en el cielo nocturno.

La contaminación lumínica es principalmente un problema asociado con las áreas urbanas, donde la presencia de numerosas fuentes de luz, como el alumbrado público, edificios, letreros y monumentos iluminados, contribuye a la dispersión de la luz en la atmósfera. Esto reduce la visibilidad del cielo estrellado y produce un brillo nocturno que dificulta la observación astronómica.

Además de afectar la astronomía, la contaminación lumínica tiene diversas consecuencias negativas. Perturba los ritmos naturales de la vida silvestre y afecta su hábitat, interrumpiendo procesos biológicos como la migración, el ciclo reproductivo y el comportamiento de alimentación. También puede afectar a las plantas, alterando su crecimiento y desarrollo.

La contaminación lumínica también tiene impactos en la salud humana. La exposición excesiva a la luz artificial durante la noche puede alterar los ritmos circadianos, afectar el sueño

y aumentar el riesgo de trastornos del sueño, estrés, fatiga y otros problemas de salud relacionados.

La contaminación lumínica tiene implicaciones ambientales y económicas. Se desperdicia una cantidad significativa de energía debido al uso ineficiente de la iluminación, lo que resulta en un consumo energético excesivo y mayores emisiones de gases de efecto invernadero. También genera costos adicionales para los municipios y los individuos en términos de consumo de electricidad y mantenimiento de luminarias [21].

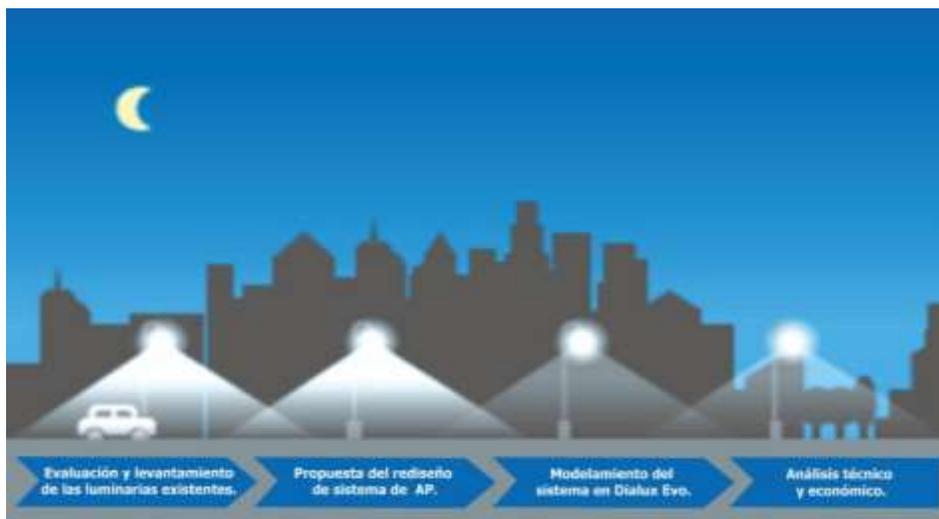
#### ***1.5.19 Pliego Tarifario***

El pliego tarifario ecuatoriano es de gran relevancia para el consumo de energía eléctrica en alumbrados públicos, ya que establece las tarifas y condiciones específicas para el suministro de energía eléctrica a este sector. Estas tarifas y condiciones son determinantes para la planificación, gestión y eficiencia del alumbrado público en el país. A continuación, se detallan algunos aspectos relevantes de la importancia del pliego tarifario en relación con el consumo de energía eléctrica en alumbrados públicos en Ecuador. En la sección de Anexos se adjunta el pliego tarifario ecuatoriano, el cual permitirá establecer la tarifa por consumo de energía eléctrica a la cual se rige ESPOLE por ser entidad pública y con fin educativo. Esto permitirá establecer valores de consumo antes de implementar el rediseño de alumbrado público, así como una vez implementado dicha mejora, estableciendo el ahorro generado por la optimización del sistema y previendo la viabilidad económica del mismo [22].

## **Capítulo 2**

## 2.1 Metodología

Para poder brindar una solución a la problemática que originó la realización de este proyecto integrador, se partirá por el análisis de las luminarias que forman parte de los estacionamientos, ya que con este proceso se podrá determinar el estado de las luminarias y dar un veredicto de los elementos que se encuentran funcionando de manera correcta y cuáles necesitan una reparación o cambio. Este análisis consistirá en conocer que luminarias se encienden en el horario requerido, los lux que emite y mediante técnicas e instrumentos de medición eléctricos se determinara la potencia consumida por algunas de las luminarias. Luego de haber obtenido estos datos o parámetros de las luminarias, se realizará con la ayuda del software Dialux Evo un rediseño de las luminarias de los estacionamientos, y en cuanto a la parte de control será mediante el sistema de telegestión. Además, se verificará si este rediseño presenta mejoras en cuanto al diseño anterior.



*Figura 2.1 Metodología del proyecto*





*Figura 2.3 Vista Satelital del Parqueadero CELEX*



*Figura 2.4 Vista Satelital del Parqueadero Biblioteca General*

De acuerdo a datos obtenidos por planos provistos por parte de ESPOL, se obtuvo la siguiente cantidad de luminarias, en los tres estacionamientos que se han seleccionado previamente.

*Tabla 2.1 Cantidad de luminarias en los estacionamientos FIEC, CELEX y Biblioteca General*

<b>Estacionamiento</b>	<b>Cantidad de luminarias</b>
<b>E. FIEC</b>	20
<b>E. CELEX</b>	7
<b>E. Biblioteca General</b>	7

En cuanto a las características o tecnologías con la que funcionan las luminarias de los estacionamientos, podríamos decir que existe en su mayoría de tipo LED con panel solar, mismas que se detallan a continuación:

*Tabla 2.2 Características de luminarias LED solar*

<b>Tecnología de LED solar</b>	
<b>Lumens</b>	12000 [Lm]
<b>Potencia</b>	75 [W]
<b>Color Temperatura</b>	5000 [K]
<b>Voltaje</b>	3 [V]

Sin embargo, se pudieron contabilizar luminarias con tecnología de inducción magnética en el parqueadero FIEC. Lo cual deja en evidencia la incorrecta renovación de las luminarias LED implementadas con anterioridad.

*Tabla 2.3 Características de tecnología de luminaria inducción magnética*

<b>Tecnología de Inducción magnética</b>	
<b>Lumens</b>	16500 [Lm]
<b>Potencia</b>	200 [W]

### **2.2.2 Análisis de las luminarias de los estacionamientos**

Como se mencionó para la realización de este análisis, se requiere de ciertos datos y parámetros, los cuales en primeras instancias mediante una inspección visual y posterior medición de la intensidad lumínica con la ayuda de un luxómetro se determinará el estado de las luminarias y su funcionalidad en base a lo establecido en la respectiva norma técnicas.

A pesar, de que lo recomendable es tomar la medición con el luxómetro lo más cerca de la luminaria posible, debido a la indisponibilidad de una escalera de mayor altura y de equipos de seguridad, se tomaron lecturas de luminosidad a una altura de 4 metros y a 1.5 metros con respecto al suelo. Además, cabe mencionar que las lecturas fueron tomadas en el horario entre las 10:00 pm y 10:30 pm y en un intervalo de cinco días, ya que se consideró que se puede realizar una evaluación objetiva del funcionamiento del sistema de luminarias actuales en los distintos parqueaderos.



*Figura 2.5 Lectura de luminosidad a 4 metros sobre el nivel del suelo*

La lectura realizada a 4 metros sobre el nivel del suelo variaba levemente una respecto a otra luminaria, sin embargo, se puede establecer un promedio de luminosidad a dicha altura de 11 Lux. Esto para las luminarias ubicadas tanto en el parqueadero de FIEC, así como las existentes en el parqueadero CELEX.



*Figura 2.6 Lectura de luminosidad promedio en parqueadero FIEC y CELEX*

La lectura promedio para luminarias situadas en el parqueadero de biblioteca general fue de 18 Lux. Dicha medición se realizó a la misma altura (4 metros aproximadamente) que la realizada en los otros parqueaderos.



*Figura 2.7 Lectura de luminosidad promedio en parqueadero biblioteca general*

Las lecturas realizadas a 1.5 metros sobre el nivel del suelo, fueron de valores desde 0 Lux hasta 4 Lux, obteniendo un valor promedio de 3 Lux para los tres parqueaderos en consideración.



*Figura 2.8 Lectura de luminosidad promedio a 1.5 metros*

En la siguiente tabla, se presentan los datos de luminiscencia recolectados durante el periodo de evaluación de funcionalidad de las luminarias. Cabe resaltar que estos datos fueron tomados entre el 10/07/2023 hasta el 15/07/2023.

*Tabla 2.4 Mediciones obtenidas con el luxómetro en los parqueaderos de interés*

<b>Día de evaluación</b>	<b>Parqueadero</b>	<b>Altura [m]</b>	<b>Medición [Lux]</b>
<b>1</b>	CELEX	4,00	11
		1,50	2
	FIEC	4,00	12
		1,50	3
	Biblioteca General	4,00	16
		1,50	1
<b>2</b>	CELEX	4,00	8
		1,50	2
	FIEC	4,00	10
		1,50	2
	Biblioteca General	4,00	14
		1,50	2
<b>3</b>	CELEX	4,00	4
		1,50	1
	FIEC	4,00	7
		1,50	2
	Biblioteca General	4,00	14
		1,50	0
<b>4</b>	CELEX	4,00	8
		1,50	3
	FIEC	4,00	11
		1,50	2
	Biblioteca General	4,00	18
		1,50	1
<b>5</b>	CELEX	4,00	9
		1,50	4

FIEC	4,00	9
	1,50	0
Biblioteca General	4,00	16
	1,50	1

La recolección de estos datos permite conocer el funcionamiento de las luminarias led instaladas en los distintos parqueaderos en mención, determinando así, si estas lámparas están cumpliendo la normativa vigente en cuanto a valores mínimos de luminiscencia requeridos. Para esto se toman los datos de la tabla 2.4 y se procede a realizar un promedio de lúmenes, tal como se muestra en la tabla adyacente:

*Tabla 2.5 Promedio de Luxes en los parqueaderos FIEC, CELEX y Biblioteca General*

<b>Parqueadero</b>	<b>Altura [m]</b>	<b>Iluminación promedio E [Lux]</b>
<b>CELEX</b>	4,00	8,00
	1,50	2,40
<b>FIEC</b>	4,00	9,80
	1,50	1,80
<b>Biblioteca General</b>	4,00	15,60
	1,50	1,00

### **2.2.3 Funcionalidad de operación**

Para conocer cómo se encuentran funcionando las luminarias, se debe observar si estas encienden dentro del horario establecido para su funcionamiento. Es por lo que a continuación se detallara las luminarias que se encuentran funcionando incorrectamente y en qué lugar están ubicadas estas.

*Tabla 2.6 Cantidad de luminarias que se encuentran funcionando incorrectamente dentro de los estacionamientos*

<b>Estacionamiento</b>	<b>Luminarias funcionando incorrectamente</b>
<b>FIEC</b>	1
<b>CELEX</b>	0
<b>Biblioteca General</b>	1

A continuación, se presentará las luminarias que presentan fallas o algún desperfecto dentro de los parqueaderos elegidos.



*Figura 2.9 Luminaria ubicada en el parqueadero de la Biblioteca General*



*Figura 2.10 Luminaria ubicada en el parqueadero de la FIEC*

Existen luminarias cuya ubicación resulta desfavorable para una iluminación eficaz debido a que en sus alrededores se encuentran árboles. Esto ocasiona que las áreas de interés no estén iluminadas apropiadamente, dichas luminarias cuentan con un sensor de movimiento el cual se activa constantemente producto de la oscilación de las ramas de los árboles por el viento.



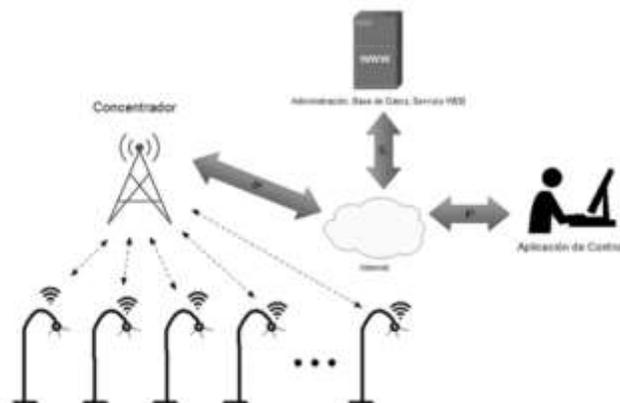
*Figura 2.11 Luminaria ubicada en el parqueadero de la FIEC*

Para estos casos el reglamento técnico ecuatoriano INEM 069 establece una altura de poda con respecto a la distancia del poste, esto con la finalidad de aprovechar el total del flujo luminoso de la lámpara.

### **2.3 Planteamiento del sistema**

El sistema de luminarias constará de luminarias LED LYRA de 150W de la marca PHILIPS (avaladas por MERNNR), un controlador LoRa y un gateway LoRa. El sistema de telegestión permitirá la supervisión y control remoto de las luminarias. Cada luminaria está equipada con un controlador LoRa, que actúa como el cerebro de cada unidad. Estos controladores facilitan la comunicación bidireccional, permitiendo ajustar los niveles de luminosidad y encendido/apagado de manera individual o grupal. Además, recolectan datos ambientales y de funcionamiento, generando información valiosa para un análisis detallado.

La pieza clave de la infraestructura es el gateway LoRa, que funciona como un puente entre los controladores LoRa y una red centralizada de gestión. El gateway recopila y retransmite los datos de las luminarias al sistema de telegestión, permitiendo a los operadores monitorear y gestionar el alumbrado desde una ubicación central. Esto habilita la posibilidad de programar horarios de encendido y apagado, ajustar niveles de luminosidad según la demanda, y detectar fallas de manera proactiva.

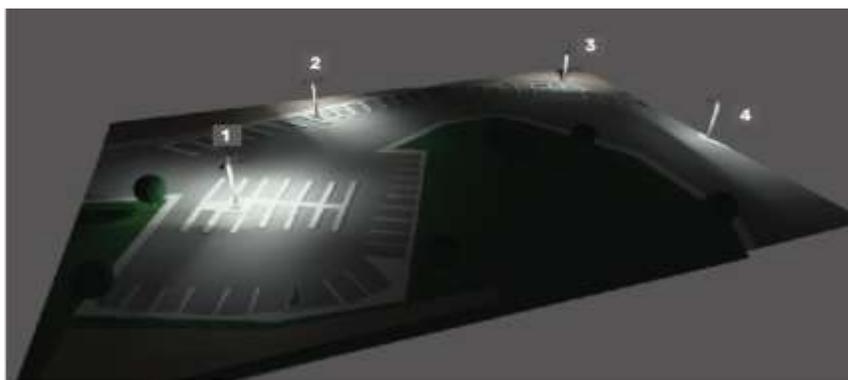


*Figura 2.12 Interacción del sistema de telegestión.*

### **2.3.1 Modelamiento de los parqueaderos**

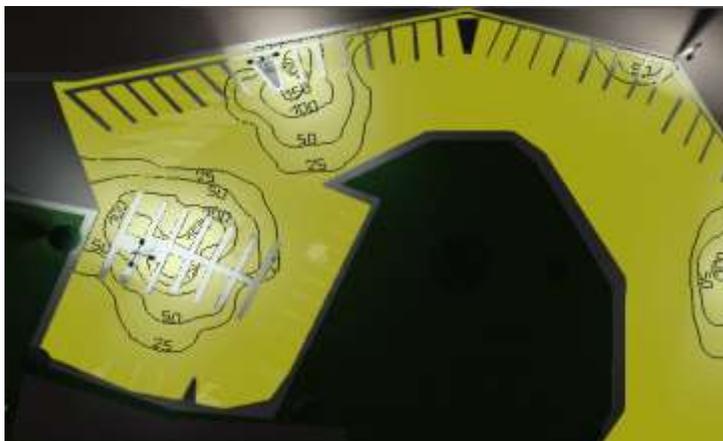
Para realizar el modelamiento del estacionamiento principal de la FIEC, Biblioteca General y Celex mediante el software Dialux Evo, se pidió al departamento de mantenimiento de ESPOL los planos arquitectónicos con el fin que haya una aproximación más veraz y precisa.

Es importante resaltar que la simulación en Dialux Evo fue realizada con luminarias de igual características técnicas, esto en base a la ficha técnica de las luminarias que se obtuvieron por parte del proveedor.



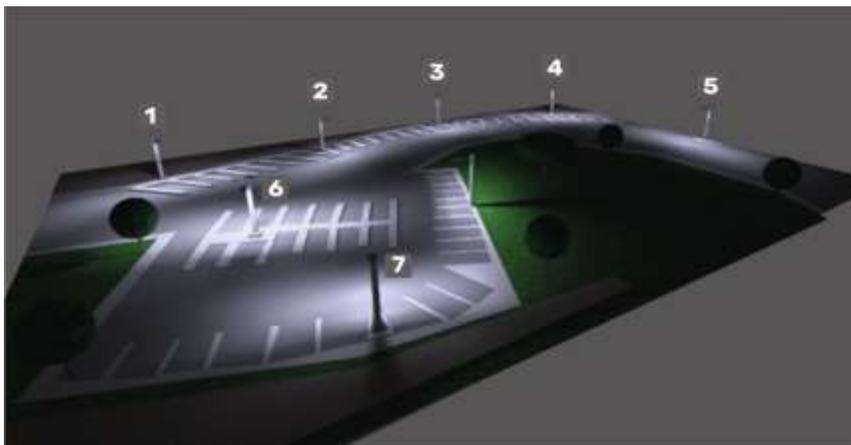
*Figura 2.13 Recreación del parqueadero de biblioteca general actualmente en Dialux Evo*

El parqueadero de biblioteca general cuenta con una superficie de 2.733,29 m<sup>2</sup> y cuatro postes, donde se encuentran instaladas 7 luminarias LED con paneles solares. Un factor importante para el rediseño del alumbrado fue estimar la cantidad de usuarios y de vehículos del parqueadero.



*Figura 2.14 Cálculo de luxes de parqueadero de biblioteca general en Dialux Evo (condiciones actuales)*

Dialux Evo permite conocer el promedio de luminosidad por metro cuadrado del área total de interés. El programa determinó que con las luminarias existentes en el parqueadero de biblioteca general tiene un valor de 26.2 Lux.



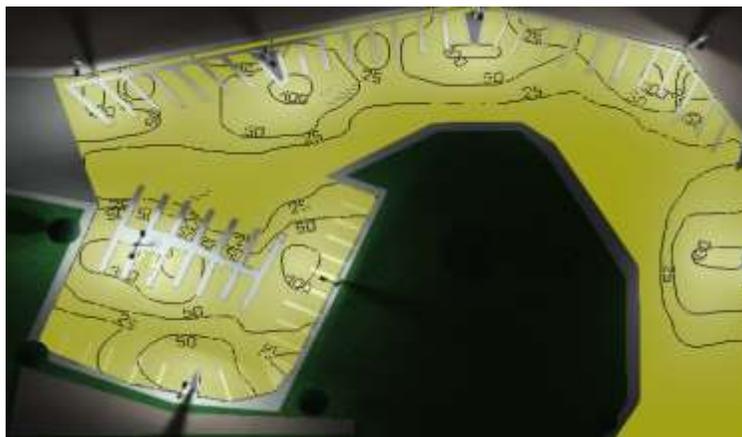
*Figura 2.15 Modelamiento del sistema de alumbrado público del parqueadero de biblioteca general en Dialux Evo*

Para el rediseño de las luminarias del parqueadero de biblioteca general, se propone la colocación de 3 nuevos postes, la remoción de una luminaria ubicada en el poste #1 y reubicarla en uno de los nuevos postes. Permitiendo así, alumbrar áreas que actualmente no están correctamente iluminadas. Tal como se muestra en la imagen adjunta.



*Figura 2.16 vista nocturna del parqueadero de biblioteca general*

Así se encuentra actualmente el parqueadero de biblioteca general, de la cual se puede decir que existe una iluminación precaria y mal distribuida, inclusive debajo del rango mínimo de luxes establecido en la normativa.



*Figura 2.17 Cálculo de luxes de parqueadero de biblioteca general en Dialux Evo (SAP propuesto por el*

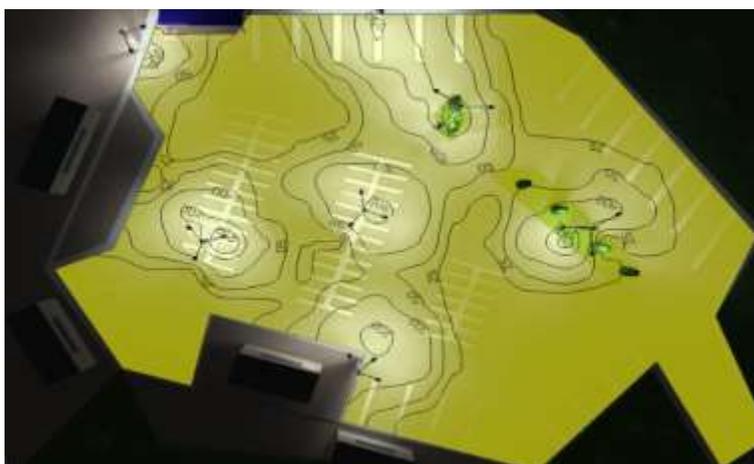
*autor)*

Realizando los cambios sugeridos, se puede apreciar que el parqueadero estará mejor iluminado, lo cual se comprueba con el promedio de lux obtenido en el simulador 43.7 Lux. Resultando en un incremento de luxes del 66.79%.



*Figura 2.18* Recreación del parqueadero FIEC actualmente en Dialux Evo

El parqueadero de FIEC, concentra la mayor cantidad de luminarias (17 luminarias LED y 3 luminarias de inducción magnética), instaladas en 7 distintos postes. Este parqueadero tiene una extensión de 5.390,88 m<sup>2</sup>.



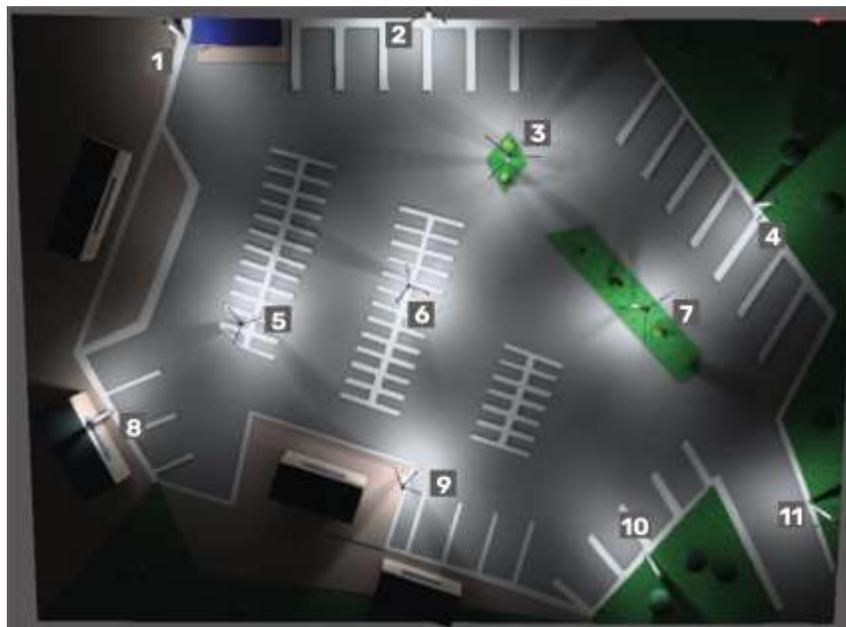
*Figura 2.19* Cálculo de luxes de parqueadero FIEC en Dialux Evo (condiciones actuales)

El promedio de luxes en el parqueadero FIEC es de 53.7 lux, a pesar de estar entre los límites establecidos por el reglamento existen sectores que no están iluminados adecuadamente.



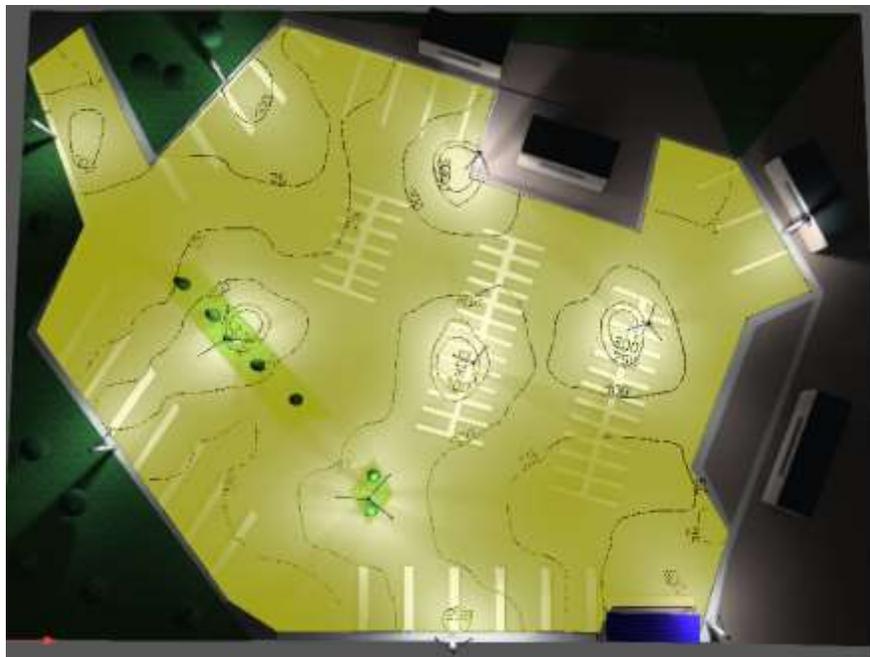
*Figura 2.20* vista nocturna del parqueadero de FIEC

Pese a tener una gran cantidad de luminar, la iluminación no es uniforme en este parqueadero. Además, existen lámparas que se activan constantemente por movimiento de las ramas de los árboles adyacentes, esto minimiza la vida útil de las lámparas.



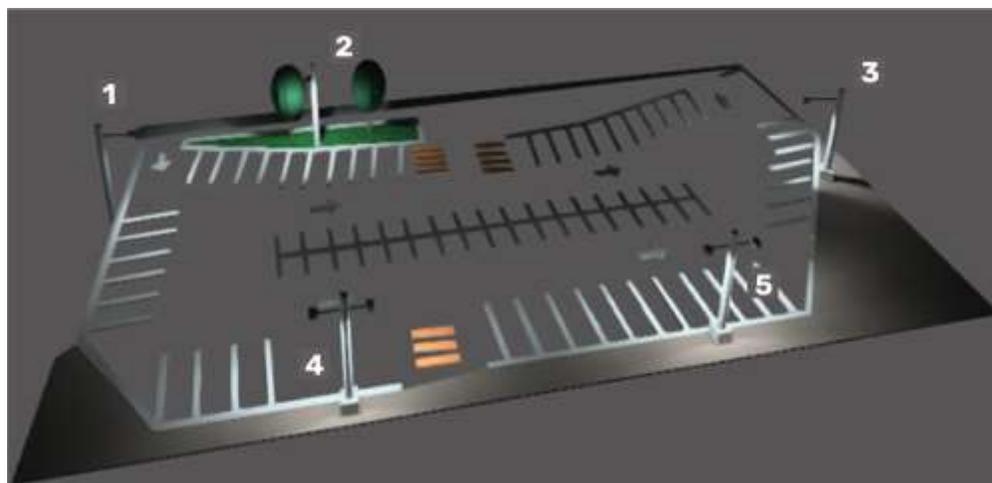
*Figura 2.21* Modelamiento del sistema de alumbrado público FIEC en Dialux Evo

El rediseño contara con 4 nuevos postes, con una luminaria en cada poste. Además, se deberá podar aquellos arboles cuyas ramas obstruyan la luminosidad de las lámparas.



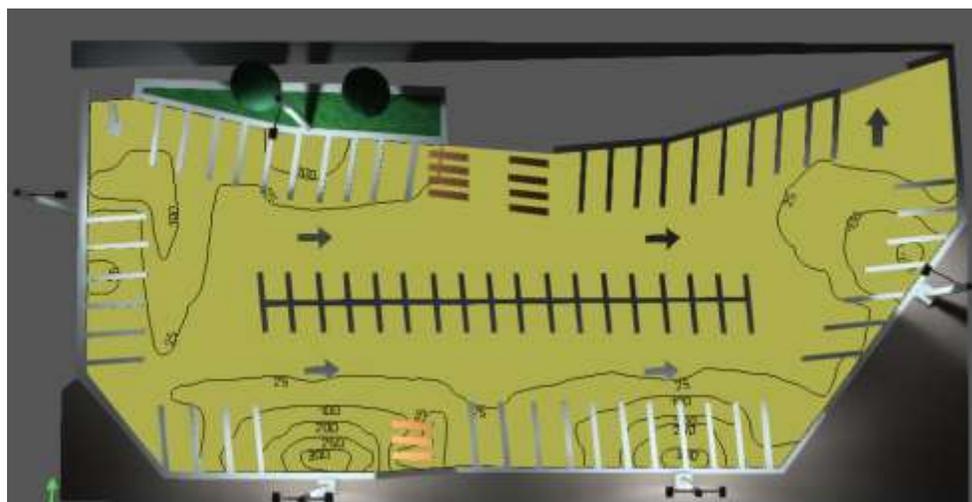
*Figura 2.22 Cálculo de luxes de parqueadero FIEC en Dialux Evo (SAP propuesto por el autor)*

En el parqueadero FIEC se pudo constatar la mayor cantidad de vehículos durante el periodo nocturno (6:30 P.M. a 7:30 P.M.) en comparación a los otros parqueaderos tomados en consideración para este estudio, con una media de 10 vehículos. Sin embargo, en horario después de las 7:30 P.M. el número de vehículos contabilizados no superaba las 3 unidades. Una vez aplicado el rediseño, la cantidad de luxes promedio serio de 74.3 Lux. Mejorando así la visibilidad y por ende la seguridad en dicho parqueadero.



*Figura 2.23* Recreación del parqueadero CELEX actualmente en Dialux Evo

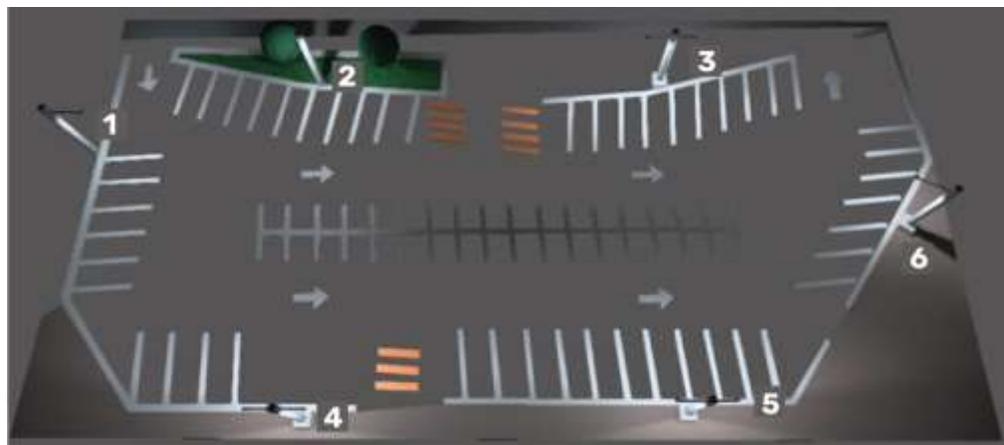
El estacionamiento de CELEX posee cinco columnas de iluminación, en las cuales están montadas siete lámparas LED. Después de las 7:30 P.M., este estacionamiento es el menos frecuentado por estudiantes, profesores y otros usuarios, ya que solo se registró un promedio de un vehículo. El área total de este espacio de estacionamiento es de 2.377,28 m<sup>2</sup>.



*Figura 2.24* Cálculo de luxes de parqueadero CELEX en Dialux Evo (condiciones actuales)

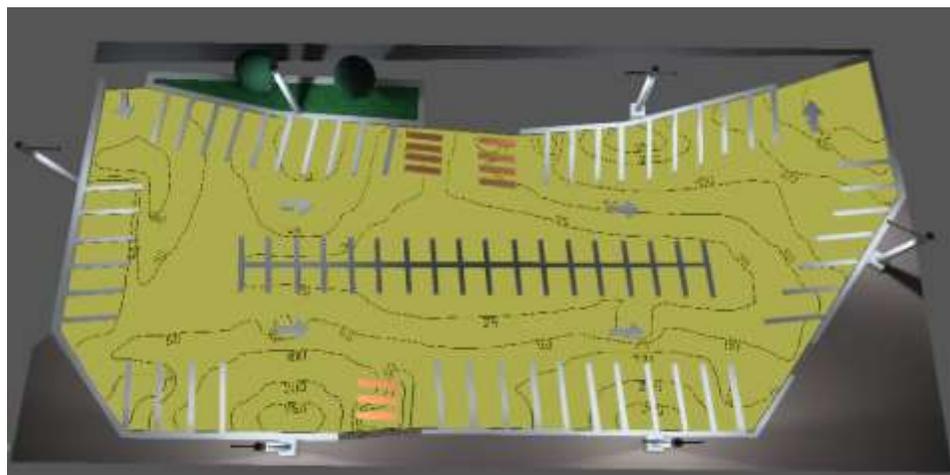
Con la iluminación actual, se logra un promedio de 42.1 Lux distribuidos en toda la superficie de 2.377,28 m<sup>2</sup> de este estacionamiento. A pesar, de que este aparcamiento es el

menos utilizado por los usuarios, es crucial incrementar la claridad en vista de futuros eventos sociales y para garantizar la seguridad del personal de vigilancia.



*Figura 2.25 Modelamiento del sistema de alumbrado público CELEX en Dialux Evo*

La reconfiguración de este estacionamiento será de carácter sencillo, aunque posibilitará una mejora en la iluminación de toda la zona. En este sentido, se sugiere la instalación de un poste de iluminación adicional, equipado con dos lámparas LED.



*Figura 2.26 Cálculo de luxes de parqueadero CELEX en Dialux Evo (SAP propuesto por el autor)*

Agregando un poste con dos luminarias LED, la cantidad de luxes promedio (68.2 Lux) registradas en el parqueadero mejorara un 62.14%.

### 2.3.2 Parámetros para la configuración de las luminarias

Las luminarias deben cumplir con determinado horario de encendido y apagado, los cuales varían de las estaciones climáticas, ya que dependiendo de la estación en la que se encuentre puede que enciendan un poco más temprano o apagarse un poco más tarde. Por lo tanto, analizar o entender el comportamiento del horario en que amanece o anochece en los estacionamientos permite diseñar un control más eficiente.

Conocer el horario en que amanece o anochece permite realizar una adecuada programación del sistema de control, ya que se adecua la dimerización que tendrán las luminarias. Por lo tanto, se presenta a continuación el comportamiento tanto del amanecer como de la puesta de sol que se da en la ciudad de Guayaquil.

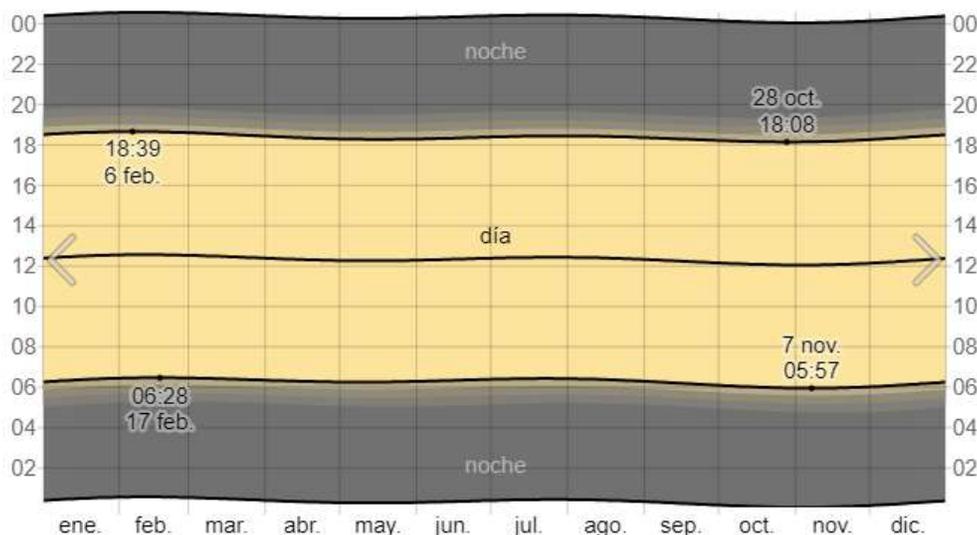


Figura 2.27 Día solar durante el año 2022 en la ciudad de Guayaquil. De abajo hacia arriba, las líneas negras son la medianoche solar anterior, la salida del sol, el mediodía solar, la puesta del sol y la siguiente medianoche solar

De la figura 2.27 podemos obtener los siguientes datos, que nos permitirá tener un análisis más adecuado de las horas en las que amanece y anoche.

*Tabla 2.7 Horario de amanecer y atardecer de Guayaquil 2022*

<b>Mes</b>	<b>Hora en la que Amanece</b>	<b>Hora en la que Anochece</b>	<b>Estaciones climáticas del año</b>
<b>Enero</b>	06:10	18:34	Invierno
<b>Febrero</b>	06:27	18:39	Invierno
<b>Marzo</b>	06:23	18:33	Invierno
<b>Abril</b>	06:18	18:22	Invierno
<b>Mayo</b>	06:15	18:16	Invierno
<b>Junio</b>	06:19	18:19	Verano
<b>Julio</b>	06:25	18:25	Verano
<b>Agosto</b>	06:17	18:24	Verano
<b>Septiembre</b>	06:09	18:18	Verano
<b>Octubre</b>	05:57	18:10	Verano
<b>Noviembre</b>	06:01	18:12	Verano
<b>Diciembre</b>	06:10	18:20	Invierno

De donde podemos sacar la siguiente tabla con los datos máximos, mínimos y promedios de la hora en la que amanece y anoche de acuerdo a la estación climática en la que se encuentre:

*Tabla 2.8 Valores máximos, mínimos y promedios de las horas en las que anochece y amanece en la ciudad de Guayaquil, en el año 2022, de acuerdo a la estación climática*

<b>Invierno</b>			
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Promedio</b>
<b>Amanecer</b>	6:27:00	6:10	6:17
<b>Anochecer</b>	18:39	18:16	18:27
<b>Verano</b>			
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Promedio</b>
<b>Amanecer</b>	6:25	5:57	6:11
<b>Anochecer</b>	18:25	18:10	18:18

Considerando los datos que se han planteado en la tabla 2.8, se dará a continuación la dimerización que tendrán las luminarias. Cabe recalcar, que esta dimerización depende de la hora, del día de la semana y de la estación climática en la que se encuentren, ya que existen factores tales como las lluvias que dificultan la visibilidad y, por ende, la luz que emite las lámparas debe encontrarse al 100% de su capacidad para que los conductores que entren o salgan de los estacionamientos puedan percatarse que no existan peatones en su camino.

Tabla 2.9 Propuesta de dimerización de luces LED con telegestión

I N V I E R N O	H O R A	Desde	18:15	19:00	22:00	23:30	5:00
		Hasta	19:00	22:00	23:30	5:00	6:30
	P A R Á M E T R O S	DIM (%)	40	60	70	70	65
V E R A N O	H O R A	Desde	18:10	19:00	22:00	23:30	5:00
		Hasta	19:00	22:00	23:30	5:00	6:30
	P A R Á M E T R O S	DIM (%)	40	60	70	70	65

Bajo los parámetros establecidos en la tabla No. 2.9, se configuran las luminarias de los distintos parqueaderos. Cabe resaltar que debido a que cada luminaria posee un controlador independiente, estas permitirán hacer ajustes a lámparas en zonas específicas cuales se deseen iluminar con mayor o menor intensidad o a su vez deban regularse debido a otros factores tales como ambientales, eventos sociales, seguridad, etc.

## **Capítulo 3**

### 3.1 Resultados y análisis

En este apartado del proyecto integrador, se detalla los resultados obtenidos con el nuevo diseño simulado en Dialux Evo, tanto en la parte técnica como económica, con el fin de demostrar que estos resultados han seguido y culminado de manera exitosa en relación a los objetivos planteados. Cabe recalcar que en cuanto el análisis económico, se establece en el VAN, TIR y payback como referencia de la viabilidad y rentabilidad que tendría el nuevo diseño.

### 3.2 Análisis Técnico

#### 3.2.1 Resultado del estado de los parqueaderos de la ESPOL

Al momento de realizar el análisis de las luminarias de los parqueaderos se pudo evidenciar que de las 34 luminarias que se encuentran dentro de los estacionamientos de “FIEC”, “Biblioteca General” y “CELEX” solo dos no están funcionando, lo cual podemos verlo reflejado en la siguiente imagen

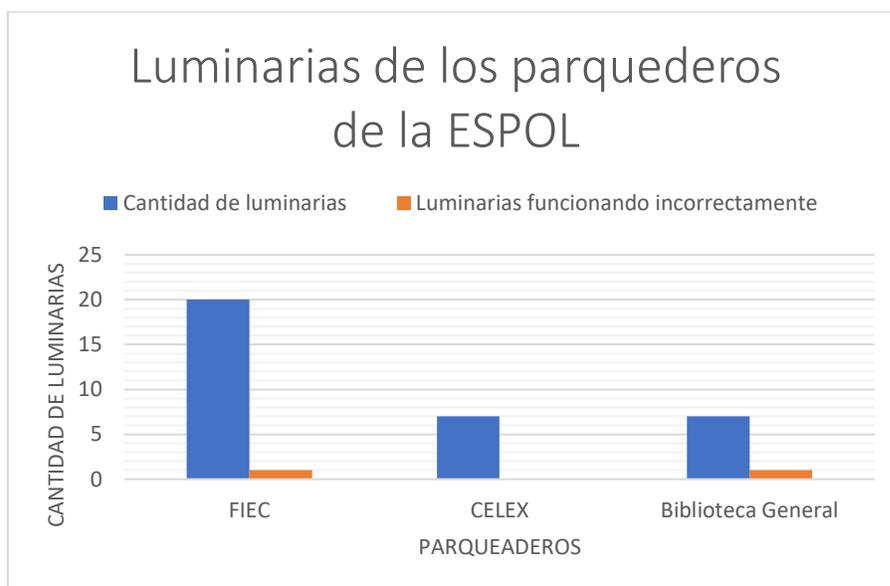


Figura 3.1 Cantidad de luminarias de los parqueaderos funcionando correcta e incorrectamente

Como se aprecia en la imagen previa, se tiene que el 5.88% de las luminarias que se encuentran dentro de los parqueaderos de estudio presentan daños, lo cual, a pesar de ser un porcentaje mínimo con respecto al total de las unidades instaladas, es un indicativo de que las lámparas están empezando a fallar. Esto se puede evidenciar además en lámparas instaladas a lo largo de la vía del campus politécnico, donde un sinnúmero de unidades se encuentra en igualdad de condiciones (dañadas). Esto se considera relevante mencionar puesto que dichas luminarias fueron instaladas en simultaneo, es decir el mal funcionamiento de las luces LED dentro de los parqueaderos en mención, no son fallas aisladas, daños productos del medio ambiente o animales que se encuentran en el entorno, sino más bien por la mala calidad de las luminarias.

*Tabla 3.1 Cantidad de luminarias Led propuesta para cada parqueadero*

<b>Estacionamiento</b>	<b>Luminarias Agregadas</b>
<b>FIEC</b>	2
<b>CELEX</b>	1
<b>Biblioteca General</b>	3

El rediseño de las luminarias de alumbrado público en tres parqueaderos distintos ha demostrado un notable avance en términos de mejora en la visibilidad del terreno y optimización energética. Mediante la sustitución de luminarias LED de 75W por luminarias LED de 150W con telegestión, se logró elevar significativamente los niveles de iluminación en los parqueaderos. Por ejemplo, en el caso del parqueadero CELEX, la intensidad lumínica aumentó de 42.1 Lux a

68.1 Lux después del rediseño. Estas mejoras no solo cumplen con los estándares normativos que recomiendan una mínima de 50 Luxes para la iluminación en parqueaderos, sino que también ofrecen una mayor eficiencia energética, reduciendo el consumo de energía y promoviendo un entorno más seguro y sostenible.

### 3.2.2 Análisis de las fichas técnicas de las luminarias LED.

Las luminarias que formaran este diseño contemplaran determinados parámetros y características, los cuales ayudaran tanto a mejorar la visualización de los estacionamientos como a tener un mayor grado de seguridad. A continuación, se presenta los datos técnicos de las luminarias que se ha seleccionado para este diseño y las que se encuentran actualmente instaladas:

Tabla 3.2 Fichas técnicas de las luminarias LED

<b>Datos Técnicos de las Luminarias</b>		
	<b>Luminarias Sugeridas</b>	<b>Luminarias Actuales</b>
<b>Modelo</b>	LYRA-150W-L3030 CLASE II	Luminaria de Alumbrado público led Solar
<b>Potencia</b>	150 [W]	75 [W]
<b>Voltaje de Operación</b>	100 [Vac] - 277 [Vac]	3 [Vac]
<b>Frecuencia</b>	50 [Hz] - 60[Hz]	50 [Hz] - 60[Hz]
<b>Factor de Potencia</b>	> 0.95	> 0.95
<b>THD</b>	< 15	
<b>Tiempo de descarga</b>		8 horas
<b>Especificaciones Fotométricas</b>		
<b>Flujo Luminoso</b>	21.750 [Lm]	12.000 [Lm]

<b>Eficiencia</b>	145 [Lm/Watt]	133.33 [Lm/Watt]
<b>Temperatura</b>	4000 [K]	5000 [K]
<b>Especificaciones Constructivas</b>		
<b>Grado de Protección</b>	IP66; IK10	IP66; IK09
<b>Tiempo de Vida</b>	>100000 [H]	50000 [H]
<b>Años de garantía</b>	10 años	2 años

Se puede apreciar que la potencia en las luminarias elegidas es mucho mayor, al igual que su eficiencia, por ende, nos brindara más lúmenes sobre las áreas de interés. Es importante destacar que el MERNNR requiere un mínimo de 10 años de garantías y 100000 horas de vida en lámparas que se instalen en cualquier proyecto de iluminación en áreas públicas y una eficiencia superior al 0.90. Algunas de las características técnicas de las luminarias Led con panel solar, no son ofrecidas por el proveedor lo cual no permite analizar con más detalle el funcionamiento de estas y a su vez dificulta la comparativa técnica de ambas luminarias.

Sin embargo, se puede tomar como referencia luminarias Led de otras marcas que comparten características similares y que incorporan un panel solar y una batería. Se puede estimar que la batería con la que cuenta dichas lámparas es de litio de entre 3.0 a 3.7 Voltios y 10000 mAh. Este tipo de batería tiene un tiempo de descarga de ocho horas aproximadamente según las especificaciones del proveedor. Por lo cual, a más de los factores previamente mencionados estas baterías no ofrecen la durabilidad para iluminar las doce horas de forma continua requeridas por la ley. Esto sin contar que mucho de los fabricantes de batería recomiendan que la carga de esta no decaiga a menos del 50% a fin de extender su tiempo de

vida útil, implicando que, si al cabo de ocho horas la batería se descarga en su totalidad, el tiempo de correcto funcionamiento de la batería se reducirá, minimizando así su vida útil.

Por lo cual las luminarias led con panel solar si bien funcionan con energía solar y no generan un gasto económico al no demandar energía eléctrica de la red para su funcionamiento, técnicamente no cumplen lo suscrito por regulación alguna del país. Esto es corroborado con el personal de seguridad de ESPOL, quienes supieron manifestar que las luminarias dejan de funcionar de entre las 3 AM y 4 AM.

Un último aspecto a considerar es que en los parqueaderos no se cuenta con un buen sistema de vigilancia monitoreado por cámaras y si se llegara implementar este tipo de luminarias podrán ofrecer una buena visibilidad a través de estos dispositivos (las cámaras de seguridad) puesto que el promedio de lúmenes en todos los parqueaderos es mayor a 50 Lux con el nuevo diseño, lo cual cumple con lo requerido por los fabricantes y proveedores de estas cámaras de seguridad.

### ***3.2.3 Descripción del sistema propuesto***

Este proyecto a más de aprovechar los recursos ya existentes en cada uno de los parqueaderos de ESPOL busca implementar de forma óptima la implementación de los nuevos elementos que compondrán el sistema de iluminación. Estos serán apreciados en la siguiente tabla 3.3:

Tabla 3.3 Elementos requeridos para el sistema de alumbrado público

Artículo	Cantidad
Luminaria LYRA LED 150 Watts	40
Controlador LORA	40
Gateway LORA para sistema de telegestión	1
Poste de 11 metros	3
Brazo de acero galvanizado	3

### 3.2.4 Análisis de resultados

En este apartado se realizará una comparativa entre los datos recolectados por el luxómetro, así como de los obtenidos por el simulador Dialux Evo, tanto del sistema actual de iluminación, así como del sistema de iluminación propuesta en este proyecto.

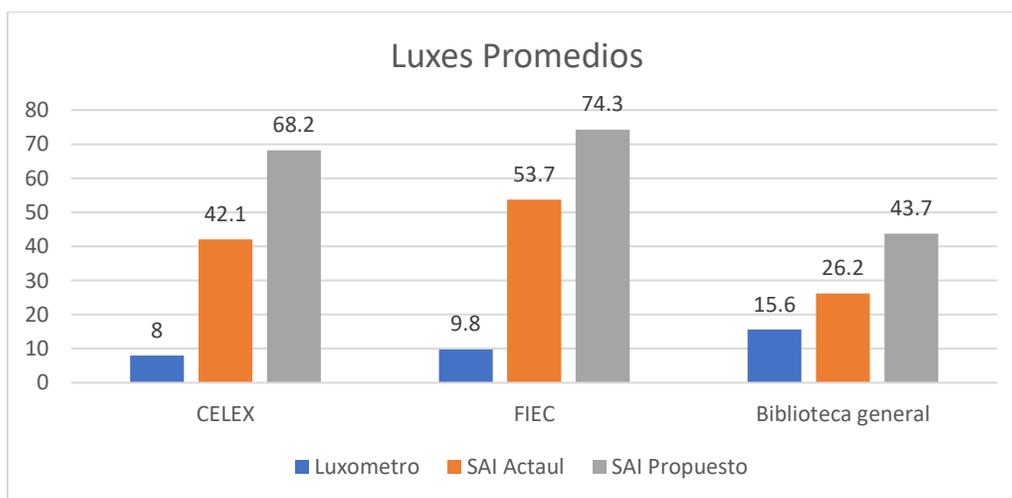


Figura 3.2 Lux obtenidos mediante simulaciones el software Dialux tanto en el diseño actual como con el nuevo diseño y los lux obtenidos mediante el uso del luxómetro

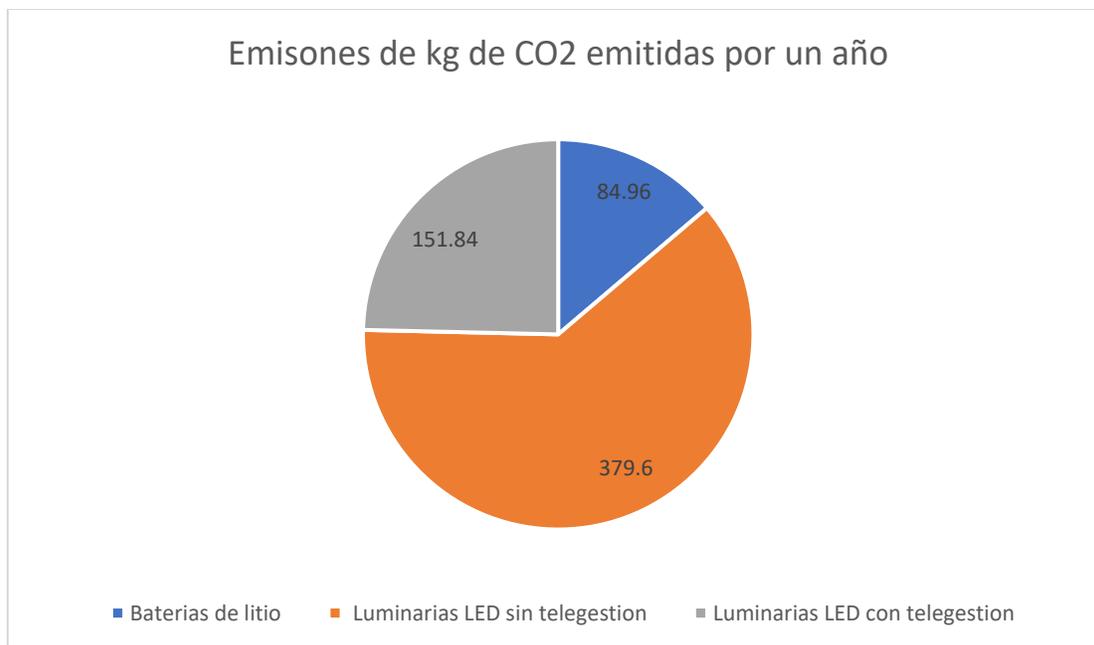
Como se aprecia en la imagen previa existen notorias diferencias entre los lux obtenidos con el luxómetro y los obtenidos mediante el sistema Dialux Evo. Por ende, a continuación, se detallará estas diferencias:

- **Parqueadero CELEX:** La diferencia más notoria respecto a los lux obtenidos en este estacionamiento, es sin duda, los lux que existen en sistema actual respecto a los obtenidos mediante el luxómetro, ya que existe una diferencia de 34.1 lux, que en porcentaje se consideraría un 19% menos de lo que realmente existe, lo cual en cierta manera se debe tanto al desgaste que tiene las luminarias como al incumplimiento de las luminarias respecto a las normativas de estacionamientos en espacios abiertos, que debe regirse a 50 lux por metro cuadrado. Además, tomando en consideración los lux que tiene el sistema con el nuevo diseño podemos notar que existe una mejora significativa de un 61% respecto al sistema actual, es decir, con el nuevo diseño se tiene una mejor calidad de luminiscencia en el estacionamiento, ofreciendo un mejor campo visual para los usuarios.
- **Parqueadero FIEC:** En cuanto al estacionamiento de FIEC se tiene que existe una mejora del 86.81% respecto a los lux del sistema actual (respecto a los 9.8 lux obtenidos con el luxómetro). Mientras que la mejora considerando los datos obtenidos mediante Dialux Evo se tiene una mejora de 27.73 %, que, así como se mencionó con el estacionamiento CELEX, esto se debe a que la vida útil de las luminarias ha disminuido y, por ende, su eficiencia.

- **Parqueadero Biblioteca General:** El estacionamiento de Biblioteca General, al igual que los estacionamientos ya mencionados, presentan diferencias o mejorar significativas respecto al diseño actual, ya que tomando en consideración los valores que se obtuvo mediante el uso del luxómetro se tiene una diferencia de 28.1 lux, lo cual representa una mejora del 64.30%, y si lo comparamos con los datos que se obtuvo con el software Dialux Evo se tiene una diferencia de 17.5 lux, lo cual representa una mejora del 40 %. Cabe recalcar que los datos obtenidos con el luxómetro siempre estarán por debajo de los valores que nos brinda Dialux Evo, ya que este software nos brinda ese valor con las luminarias funcionando en óptimas condiciones.

### ***3.2.5 Análisis ambiental***

Los diseños o proyectos eléctricos además de considerar aspectos técnicos y económicos deben enfocarse también en su generación de contaminación ambiental, ya que en determinados casos puede que sea viable económicamente y presente muchas mejoras técnicas, pero contaminan en gran escala. Por lo que a continuación, se presenta el análisis ambiental de los Kg de CO<sub>2</sub> que produce el diseño actual y como disminuirá esta contaminación al mejorar el sistema de luminarias de los estacionamientos en estudio mediante este nuevo diseño.



*Figura 3.3 Emisiones de Kg de CO<sub>2</sub> emitidas por año por parte de las luminarias con y sin telegestión y por parte de las baterías de Litio*

De acuerdo al gráfico de pastel previo, se realizará un análisis de la contaminación que producen luminarias LED sin telegestión, la contaminación que producen las baterías de litio al construirlas y luego de su vida útil. Además, se demostrará como al emplear el sistema de telegestión (es decir el nuevo diseño) en luminarias LED, se produce una disminución en cuanto a la producción de Kg de CO<sub>2</sub>.

- Kg de CO<sub>2</sub> producidos por las luminarias LED sin telegestión: El valor de Kg de CO<sub>2</sub> producidos por las luminarias LED sin telegestión es de 379.6 Kg CO<sub>2</sub>, el cual para este diseño ha sido obtenido considerando 40 luminarias LED en el lapso de un año. Esta emisión es equivalente a lo que produce un auto que consuma 6 litros de gasolina cada 2.64 km.
- Kg de CO<sub>2</sub> producidos por las baterías de Litio: Las baterías de Litio al implementarlas dentro de luminarias que usan tecnología fotovoltaica, no “generan contaminación”, pero es solo mientras su vida útil transcurra o mientras se la emplee dentro de un sistema eléctrico, ya que al

construirlas o cuando culmina su vida útil estas producen contaminación. Es por esto, que se calculó la contaminación que producen las baterías de Litio que usan las luminarias solares de los estacionamientos estudiados; en donde se obtuvo el valor de 84.96 Kg de CO<sub>2</sub> que generan. Cabe recalcar que la vida útil de estas baterías ronda los dos años.

• Kg de CO<sub>2</sub> producidos por las luminarias LED con telegestión: En cuanto a las luminarias LED con telegestión, se obtuvo que generan 151.84 Kg de CO<sub>2</sub>, lo cual en comparación con el valor obtenido en luminarias que no emplean esta tecnología, representa una mejora de una disminución de contaminación de Kg de CO<sub>2</sub> del 60% o 227.76 Kg de CO<sub>2</sub> menos. Mientras que, para el caso de la comparación de la contaminación producida por las baterías de Litio, se podría pensar que es menor la contaminación al usar estas baterías, sin embargo, se debe entender que las baterías de Litio al tener una vida útil inferior a la vida útil de una luminaria LED, se produciría más contaminación en reemplazar esta batería que haciendo uso de una luminaria LED.

### **3.3 Análisis Económico**

A continuación, se presentarán tres propuestas económicas para la implementación del Sistema de alumbrado de los parqueaderos ESPOL, mismas donde se podrán apreciar al detalle los costos de cada material, por instalación, de software, etc.

Esta propuesta económica requiere la menor inversión respecto a las dos propuestas que se detallan a continuación. Sin embargo, es importante resaltar que son las que más consumo energético tienen debido a que las luminarias no constan con un sistema que regule su potencia.

Tabla 3.4 Análisis de Precio Unitario (Propuesta #1)

Análisis de Precio Unitario					
Rubro:	1				
Detalle:	Materiales, equipos y transportes de luminarias LED LYRA 150 W sin telegestión			Unidad:	U
				Rendimiento	4,05
Equipos y herramientas					
Descripción	Cantidad (A)	Tarifa (B)	Costo hora (C = A*B)	Rendimiento (Rmo)	Costo (D=C*Rmo)
Casco de seguridad	4	0,0170	\$ 0,07	\$ 4,05	\$ 0,28
Botas dieléctricas para alta tensión	4	0,0360	\$ 0,14	\$ 4,05	\$ 0,58
Guantes dieléctricos de alta tensión 600 V	2	0,0170	\$ 0,03	\$ 4,05	\$ 0,14
Ropa de dotación	4	0,0410	\$ 0,16	\$ 4,05	\$ 0,66
Chaleco reflectivo	4	0,0100	\$ 0,04	\$ 4,05	\$ 0,16
Faja de seguridad	2	0,0100	\$ 0,02	\$ 4,05	\$ 0,08
Gafas de seguridad	4	0,0050	\$ 0,02	\$ 4,05	\$ 0,08
Arnes de seguridad	2	0,0200	\$ 0,04	\$ 4,05	\$ 0,16
Conos de Señalización	4	0,0010	\$ 0,00	\$ 4,05	\$ 0,02
Alicate de 9"	2	0,0250	\$ 0,05	\$ 4,05	\$ 0,20
Destornillador planos y estrellas (Juego completo)	1	0,0027	\$ 0,00	\$ 4,05	\$ 0,01
Llave francesa	1	0,0400	\$ 0,04	\$ 4,05	\$ 0,16
Combo	1	0,0150	\$ 0,02	\$ 4,05	\$ 0,06
<b>Subtotal (M)</b>					\$ 2,60
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (A*B)	
Luminaria Led LYRA 150 Watts	u	1	\$ 217,51	\$ 217,51	
Brazo porta lampara de acero galvanizado 2" x 2mts	u	1	\$ 18,70	\$ 18,70	
Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600 V	m	2,5	\$ 0,70	\$ 1,75	
Conector dentado simple principal 10 x 95 mm2 (6 - 3/0 AWG), derivado a 1,5 - 10 mm2 (16 - 6 AWG)	u	3	\$ 1,12	\$ 3,36	
<b>Subtotal (N)</b>					\$ 241,32
Mano de Obra					
Descripción	Cantidad (A)	Jornal/Hora (B)	Costo hora (C = A*B)	Rendimiento (Rmo)	Costo (D=C*Rmo)
Ingeniero Electrico	1	7,5	\$ 7,50	\$ 4,05	\$ 30,38
Supervisor Electrico	1	6,25	\$ 6,25	\$ 4,05	\$ 25,31
Ayudante Electricista #1	1	5,00	\$ 5,00	\$ 4,05	\$ 20,25
Ayudante Electricista #2	1	5,00	\$ 5,00	\$ 4,05	\$ 20,25
Chofer	1	4,06	\$ 4,06	\$ 4,05	\$ 16,44
<b>Subtotal (O)</b>					\$ 112,63
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (A*B)	
Camioneta	u	1	\$ 5,50	\$ 5,50	
<b>Subtotal (P)</b>					\$ 5,50
				Total Costos Directos( M + N + O + P )	\$ 362,05
				Costos Indirectos	12% \$ 43,45
				Utilidades	10% \$ 36,20
<b>Costo Total del rubro</b>					\$ 441,70

La propuesta económica #2 presenta la ventaja de contar con personal técnico especializado en instalación de luminarias LED con sistemas de telegestión, además se otorga la debida capacitación al personal técnico de ESPOL.

Tabla 3.5 Análisis de Precio Unitario (Propuesta #2)

Análisis de Precio Unitario					
Rubro:	2				
Detalle:	Materiales, equipos y transportes de luminarias LED LYRA 150 W con telegestión			Unidad:	U
				Rendimiento	4,05
Equipos y herramientas					
Descripción	Cantidad (A)	Tarifa (B)	Costo hora (C = A*B)	Rendimiento (Rmo)	Costo (D=C*Rmo)
Casco de seguridad	4	0,0170	\$ 0,07	\$ 4,05	\$ 0,28
Botas dieléctricas para alta tensión	4	0,0360	\$ 0,14	\$ 4,05	\$ 0,58
Guantes dieléctricos de alta tensión 600 V	2	0,0170	\$ 0,03	\$ 4,05	\$ 0,14
Ropa de dotación	4	0,0410	\$ 0,16	\$ 4,05	\$ 0,66
Chaleco reflectivo	4	0,0100	\$ 0,04	\$ 4,05	\$ 0,16
Faja de seguridad	2	0,0100	\$ 0,02	\$ 4,05	\$ 0,08
Gafas de seguridad	4	0,0050	\$ 0,02	\$ 4,05	\$ 0,08
Arnes de seguridad	2	0,0200	\$ 0,04	\$ 4,05	\$ 0,16
Conos de Señalización	4	0,0010	\$ 0,00	\$ 4,05	\$ 0,02
Alicate de 9"	2	0,0250	\$ 0,05	\$ 4,05	\$ 0,20
Destornillador planos y estrellas (Juego completo)	1	0,0027	\$ 0,00	\$ 4,05	\$ 0,01
Llave francesa	1	0,0400	\$ 0,04	\$ 4,05	\$ 0,16
Combo	1	0,0150	\$ 0,02	\$ 4,05	\$ 0,06
<b>Subtotal (M)</b>					\$ 2,60
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (A*B)	
Luminaria Led LYRA 150 Watts	u	1	\$ 217,51	\$ 217,51	
Gateway y Controlador LORA de luminaria en base socket de 7 pines	u	1	\$ 197,50	\$ 197,50	
Brazo porta lampara de acero galvanizado 2" x 2mts	u	1	\$ 18,70	\$ 18,70	
Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600 V	m	2,5	\$ 0,70	\$ 1,75	
Conector dentado simple principal 10 x 95 mm2 (6 - 3/0 AWG), deribado a 1,5 - 10 mm2 (16 - 6 AWG)	u	3	\$ 1,12	\$ 3,36	
<b>Subtotal (N)</b>					\$ 438,82
Mano de Obra					
Descripción	Cantidad (A)	Jornal/Hora (B)	Costo hora (C = A*B)	Rendimiento (Rmo)	Costo (D=C*Rmo)
Ingeniero Electrico	1	7,5	\$ 7,50	\$ 4,05	\$ 30,38
Supervisor Electrico	1	6,25	\$ 6,25	\$ 4,05	\$ 25,31
Ayudante Electricista #1	1	5,00	\$ 5,00	\$ 4,05	\$ 20,25
Ayudante Electricista #2	1	5,00	\$ 5,00	\$ 4,05	\$ 20,25
Chofer	1	4,06	\$ 4,06	\$ 4,05	\$ 16,44
<b>Subtotal (O)</b>					\$ 112,63
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (A*B)	
Camioneta	u	1	\$ 5,50	\$ 5,50	
<b>Subtotal (P)</b>					\$ 5,50
			Total Costos Directos( M + N + O + P )		\$ 559,55
			Costos Indirectos		12% \$ 67,15
			Utilidades		10% \$ 55,95
<b>Costo Total del rubro</b>					\$ <b>682,65</b>

Esta propuesta económica representa una mayor inversión respecto a la primera propuesta. Esto se debe al costo del Gateway y del controlador, sin embargo, en cuanto a consumo energético anual representa un ahorro considerable.

Tabla 3.6 Análisis de Precio Unitario (Propuesta #3)

Análisis de Precio Unitario					
Rubro:	3				
Detalle:	Materiales, equipos y transportes de luminarias LED 75 W con panel solar			Unidad:	U
				Rendimiento	5
Equipos y herramientas					
Descripción	Cantidad (A)	Tarifa (B)	Costo hora (C = A*B)	Rendimiento (Rmo)	Costo (D=C*Rmo)
Casco de seguridad	4	0,0170	\$ 0,07	\$ 5,00	\$ 0,34
Botas dieléctricas para alta tensión	4	0,0360	\$ 0,14	\$ 5,00	\$ 0,72
Ropa de dotación	4	0,0410	\$ 0,16	\$ 5,00	\$ 0,82
Chaleco reflectivo	4	0,0100	\$ 0,04	\$ 5,00	\$ 0,20
Faja de seguridad	2	0,0100	\$ 0,02	\$ 5,00	\$ 0,10
Gafas de seguridad	4	0,0050	\$ 0,02	\$ 5,00	\$ 0,10
Arnes de seguridad	2	0,0200	\$ 0,04	\$ 5,00	\$ 0,20
Conos de Señalización	4	0,0010	\$ 0,00	\$ 5,00	\$ 0,02
Alicate de 9"	2	0,0250	\$ 0,05	\$ 5,00	\$ 0,25
Destornillador planos y estrellas (Juego completo)	1	0,0027	\$ 0,00	\$ 5,00	\$ 0,01
Llave francesa	1	0,0400	\$ 0,04	\$ 5,00	\$ 0,20
Combo	1	0,0150	\$ 0,02	\$ 5,00	\$ 0,08
<b>Subtotal (M)</b>					\$ 3,04
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (A*B)	
Luminaria Led 75 W con panel solar	u	1	\$ 218,40	\$ 218,40	
Brazo porta lampara de acero galvanizado 2" x 2mts	u	1	\$ 18,70	\$ 18,70	
<b>Subtotal (N)</b>					\$ 237,10
Mano de Obra					
Descripción	Cantidad (A)	ornal/Hora (B)	Costo hora (C = A*B)	Rendimiento (Rmo)	Costo (D=C*Rmo)
Ingeniero Electrico	1	7,5	\$ 7,50	\$ 5,00	\$ 37,50
Supervisor Electrico	1	6,25	\$ 6,25	\$ 5,00	\$ 31,25
Ayudante Electricista #1	1	5,00	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ 25,00
Ayudante Electricista #2	1	5,00	\$ 5,00	\$ 5,00	\$ 25,00
Chofer	1	4,06	\$ 4,06	\$ 5,00	\$ 20,30
<b>Subtotal (O)</b>					\$ 139,05
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad (A)	Precio Unitario (B)	Costo (A*B)	
Camioneta	u	1	\$ 5,50	\$ 5,50	
<b>Subtotal (P)</b>					\$ 5,50
			Total Costos Directos( M + N + O)	\$ 384,69	
			Costos Indirectos	12%	\$ 46,16
			Utilidades	10%	\$ 38,47
<b>Costo Total del rubro</b>				<b>\$ 469,32</b>	

Este análisis económico representa la intención de renovar las luminarias LED con panel solar. Las cuales, si bien tienen un costo total semejante a la propuesta #1, como se evidencio previamente, no son recomendables en función calidad frente al precio. Puesto que el tiempo de

vida útil de estas lámparas son de aproximadamente 4 años, por lo que se debe considerar esta inversión reiteradamente, dentro de ese periodo.

### **3.3.1 Inversión Inicial**

La propuesta de alumbrado público con telegestión requiere de un 35% más de recursos económicos respecto a las dos propuestas mencionadas. Esto se debe al costo del Gateway y de cada controlador que se debe instalar en cada luminaria. Un factor a mencionar es que para el funcionamiento del sistema propuesto se debe adquirir un plan básico de internet, el cual será incorporado en el Gateway para la respectiva comunicación entre los controladores y el centro de control.

*Tabla 3.7 Inversión Inicial de las propuestas planteadas*

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	
<b>Alumbrado Público CON telegestión</b>	\$ 27.306,00
<b>Alumbrado Público SIN telegestión</b>	\$ 17.668,00
<b>Alumbrado Público con paneles solares</b>	\$ 18.772,80

### **3.3.2 Consumo Energético**

Tomando como referencia la tabla 2.9, se procedió a realizar el cálculo de potencia para el sistema de alumbrado público para los parqueaderos mencionados anteriormente. Cabe mencionar que además de los horarios promedios de amanecer y atardecer de la ciudad de Guayaquil, se consideró la afluencia de usuarios para la dimerización de las luminarias LED, entre otros factores.

Tabla 3.8 Cálculo de potencia del SAP con telegestión

CÁLCULO DE POTENCIA									
Unidades Potencia (W) Potencia total (KW)									
Luminria LED LYRA 150 W		40	150	6,00					
CÁLCULO ENERGÉTICO ANUAL									
PERIODO	DÍAS	FRANJA HORARIA	% DIM	HORAS	DÍAS	COSTO (Usd/kWh)	COMERCIALIZACIÓN	ENERGÍA ANUAL (KWh)	COSTO ANUAL ENERGÍA (USD)
VERANO	Lun - Vie	18:30 - 19:15	55%	0,75	130	\$ 0,06	1,414	321,75	\$ 20,72
		19:15 - 22:30	60%	3,25	130	\$ 0,06	1,414	1521,00	\$ 92,67
		22:30 - 23:30	65%	1	130	\$ 0,05	1,414	507,00	\$ 26,76
		23:30 - 05:15	70%	5,75	130	\$ 0,05	1,414	3139,50	\$ 158,39
		05:15 - 06:00	60%	0,75	130	\$ 0,05	1,414	351,00	\$ 18,96
	Sáb - Dom	18:00 - 22:00	60%	4	52	\$ 0,06	1,414	748,80	\$ 46,34
		22:00 - 04:30	70%	6,5	52	\$ 0,05	1,414	1419,60	\$ 72,39
		04:30 - 05:00	65%	0,5	52	\$ 0,05	1,414	101,40	\$ 6,48
		05:00 - 06:00	60%	1	52	\$ 0,05	1,414	187,20	\$ 10,77
INVIERNO	Lun - Vie	18:15 - 19:00	40%	0,75	130	\$ 0,06	1,414	234,00	\$ 15,45
		19:00 - 22:00	60%	3	130	\$ 0,06	1,414	1404,00	\$ 85,65
		22:00 - 23:30	65%	1,5	130	\$ 0,05	1,414	760,50	\$ 39,44
		23:30 - 05:00	70%	5,5	130	\$ 0,05	1,414	3003,00	\$ 151,56
		05:00 - 06:30	65%	1,5	130	\$ 0,05	1,414	760,50	\$ 39,44
	Sáb - Dom	18:15 - 22:00	60%	3,75	52	\$ 0,06	1,414	702,00	\$ 43,53
		22:00 - 04:00	70%	6	52	\$ 0,05	1,414	1310,40	\$ 66,93
		04:00 - 05:00	65%	1	52	\$ 0,05	1,414	202,80	\$ 11,55
		05:00 - 06:15	50%	1,25	52	\$ 0,05	1,414	195,00	\$ 11,16
Total								16869,45	\$ 918,24

Dimerizar las luminarias LYRA LED permite reducir costos de consumo energéticos, generando un ahorro económico a la facturación de la planilla eléctrica.

Tabla 3.9 Cálculo de potencia del SAP sin telegestión

CÁLCULO DE POTENCIA						
Unidades Potencia (W) Potencia total (KW)						
Luminria LED LYRA		40	150	6		
FRANJA HORARIA	HORAS	DÍAS	COSTO (Usd/kWh)	COMERCIALIZACIÓN	ENERGÍA ANUAL (KWh)	COSTO ANUAL ENERGÍA (USD)
18:00 - 22:00	4	360	0,06	1,414	8640,00	\$ 519,81
22:00 - 06:00	8	360	0,05	1,414	17280,00	\$ 865,41
Total					25.920	\$ 1.385,23

Realizando una comparación de costos anuales de energía eléctrica entre el sistema propuesto y el sistema de luces LED sin dimerizar, se puede apreciar que existe un ahorro de \$400 anuales. Lo cual amortiza el costo de inversión del sistema propuesto con telegestión.

Tabla 3.10 Indicadores económicos VAN, TIR y Payback

Año	Luminarias LED LYRA 150 W CON telegestión		Luminarias LED LYRA 150 W SIN telegestión		Análisis Económico			
	Inversión Inicial	Costos Totales Anuales	Inversión Inicial	Costos Totales Anuales	$\Delta I$	$\Delta$ Costos Totales	Beneficio Valor Presente	Beneficio Valor Presente acumulado
0	\$27.306,00	\$ -	\$ 17.668,00	0	\$-9.638,00		\$ -9.638,00	\$ -9.638,00
1	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 394,17	\$ -9.243,83
2	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 332,63	\$ -8.911,20
3	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 280,70	\$ -8.630,50
4	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 236,88	\$ -8.393,62
5	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 199,90	\$ -8.193,72
6	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 168,69	\$ -8.025,03
7	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 142,35	\$ -7.882,67
8	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 120,13	\$ -7.762,54
9	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 101,38	\$ -7.661,17
10	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 85,55	\$ -7.575,62
<b>Tasa descuento</b>	18,50%	<b>VAN</b>	\$ -25.243,62	<b>TIR</b>	0%			

El presente proyecto presenta un VAN negativo si se realiza una comparativa frente a el sistema de alumbrado público sin dimerizar, esto se debe al alto costo de inversión que representa esta nueva tecnología, además considerando que el TIR deberá ser al 0%. Esto responde al hecho de que es un proyecto orientado al beneficio social, donde la comunidad politécnica se vea favorecida de un sistema que otorgue confortabilidad, confiabilidad y sobre todo seguridad. Un aspecto importante a resaltar es que a pesar del alto costo de inversión que representa el proyecto de alumbrado público con telegestión, es que existe un ahorro anual en la facturación de la energía eléctrica respecto a si se desea instalar un sistema de alumbrado sin telegestión. Estos aspectos antes mencionados, sumados a los aspectos técnicos hacen del proyecto propuesto viable para su ejecución en el campus politécnico, sin contar con la consideración de que este proyecto es ejecutable para todo el sistema de alumbrado público del campus ESPOL.

Finalmente, el payback para este proyecto se estima en un periodo de 20 años lo cual va acorde del tiempo de vida útil de las luminarias en función del uso planeado.

## **Capítulo 4**

#### 4.1 Conclusiones y Recomendaciones

El área de estacionamientos ha sido desatendida conforme al tiempo, por lo tanto, una de las mejoras es la iluminación que se brindará a sus usuarios, ya que, al tener una excelente visualización del área del estacionamiento, se puede hacer uso de estas instalaciones de la mejor manera, con lo cual se prevé reducir el número de accidentes que se pudieran producir dentro de los parqueaderos politécnicos. Por ende, automatizar la iluminación en estos lugares es de vital importancia, y más aún cuando se tiene poca afluencia de usuarios, ya que se desaprovecha la luminiscencia que brinda las luminarias.

La ESPOC al ser una universidad, en la cual la mayoría de sus actividades se realizan hasta las 19:30 y de allí van disminuyendo, tiene muy poca afluencia de usuarios nocturnos que emplean los estacionamientos. Por ende, con este diseño que se está efectuando para este proyecto integrador, se realizaron diversas acciones que permitieron analizar mejoras a la problemática de la poca afluencia de usuarios en los estacionamientos y por ende desaprovechamiento de las luminarias de los estacionamientos.

Varias de las mejoras significativas que se obtuvieron al realizar el análisis de resultados, es la eficiencia de los lux emitidos por las luminarias y que cumplan las normativas establecidas, la mejora en la visualización de las áreas de los estacionamientos, disminución en cuanto a la producción de Kg de CO<sub>2</sub> y la mejora más representativa es la automatización, control y supervisión de las luminarias en tiempo real en los estacionamientos.

## 4.2 Conclusiones

- Al usar el software Dialux Evo y desarrollar las simulaciones tanto para el sistema actual como para el diseño que se realizó, se pudo constatar que para el diseño actual existen puntos de poca visibilidad, es decir, lugares en donde las luminarias no tienen la intensidad lumínica adecuada, y en muchos de los casos no cumplen con las normativas requeridas. Mientras que, al simular el diseño propuesto en los estacionamientos, y al haber agregado la cantidad de postes como luminarias led, se pudo eliminar puntos oscuros, es decir, se mejoró notablemente la visualización en los estacionamientos y se cumple las normativas en cuanto a luminiscencia de los estacionamientos espacios abiertos.
- La telegestión es sin lugar a duda una de las mejoras más significativas que se consideró en cuanto a la realización de este nuevo diseño, ya que con esta tecnología se tiene la facilidad de programar el sistema de luminarias conforme exista la necesidad de aumentar o disminuir la intensidad lumínica. Además, nos permite monitorear en tiempo real el estado de las luminarias de los estacionamientos, lo cual produce que exista un adecuado control tanto de la potencia eléctrica que se consume como de los sucesos que existen dentro del sistema de luminarias de los estacionamientos.
- Al ser la telegestión una tecnología relativamente reciente presenta altos valores en cuanto a sus elementos, por ende, diseñar un sistema representaría una alta inversión, sin embargo, esta inversión acompañada con las luminarias led y su correspondiente dimerización, se vería justificada, ya que los beneficios y aplicaciones que se obtienen

son muchas, ya que se mejora la automatización y aprovechamiento de la luminiscencia. Además, la vida útil respecto a las luminarias que se encuentran actualmente es mayor, lo que garantiza que las luminarias a instalarse requerirán de mayor tiempo para cambiarse, exceptuando algún daño externo.

#### 4.3 Recomendaciones

- Al momento de seleccionar luminarias para un determinado diseño, estas deben estar abaladas por el Ministerio, ya que si no se tiene esta aprobación el proyecto podría ser desestimado.
- Respecto al sistema de telegestión, si se llegara a implementar este diseño se debe considerar que el Gateway LoRa debe encontrarse de tal manera que se encuentren lo más centralizado de todos los controladores LoRa y en un lugar un poco más elevado que los controladores LoRa, ya que esto permitirá tanto la comunicación bidireccional entre el Gateway LoRa y los controladores LoRa, como también permitirá una correcta comunicación entre el Gateway LoRa y el sistema centralizado que monitorea en tiempo real el estado de las luminarias.
- La distancia que existe entre los controladores LoRa y el Gateway Lora no debe exceder los 2 kilómetros ya que si se sobrepasa esta distancia presentaría una señal débil o deficiente, y, por ende, no existiría un correcto control en cuanto al monitoreo de las luminarias y su automatización.
- Cuando se calcula los lux en el sistema actual y en el sistema con el diseño propuesto mediante el software Dialux, se está obteniendo valores con las

luminarias con el 100% de su vida útil, es decir, este porcentaje disminuirá conforme se pierda vida útil. Por ende, se recomienda diseñar sistemas que nos brinden una luminiscencia un poco por encima de los lux que dicta la normativa.

## Bibliografía

- [1] Nunsys, [En línea]. Available: Telegestión inteligente Alumbrado público. [Último acceso: 11 09 2023].
- [2] A. G. Villacorta, 2 Octubre 2011. [En línea]. Available: VAN, TIR y Pay-back: ¿qué son y en qué se diferencian?. [Último acceso: 11 Septiembre 2023].
- [3] I. J. Livio, «Ilumnia,» 20 Septiembre 2020. [En línea]. Available: [https://www.ilumnia.es/smartblog/17\\_historia-alumbrado-publico.html](https://www.ilumnia.es/smartblog/17_historia-alumbrado-publico.html). [Último acceso: 14 Junio 2023].
- [4] D. X. G. SILVA, «DISEÑO EFICIENTE DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO Y ORNAMENTAL PARA EL PARQUE RECREACIONAL EN LA COMUNIDAD PINDO RUMIYACU,» Quito, 2022.
- [5] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, «Eficiencia Energética a nivel nacional,» Quito, 2022.
- [6] M. C. Guaman y N. P. Murillo, «Diseño de iluminación con luminarias tipo led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas,» Guayaquil, 2015.
- [7] D. Leonardo, «Tecnología LED: Orígenes, Características y Aplicaciones,» 2020.

- [8] ENEL X, «¿Cuáles son las ventajas del alumbrado público LED?,» [En línea]. Available: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/advantages-of-led-street-lights#:~:text=El%20alumbrado%20p%C3%BAblico%20LED%20ofrece,luces%20incandescentes%2C%20hal%C3%B3genas%20o%20fluorescentes..> [Último acceso: 24 Mayo 2023].
- [9] C. Collado, «Google Earth, guía completa: qué es, cómo usarlo y 4 cosas geniales que puedes hacer,» Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/andro4all/google-maps/google-earth-guia-completa-que-es-como-usarlo-y-4-cosas-geniales-que-puedes-hacer-2021-03-08>.
- [10] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. , «REGULACIÓN Nro. ARCERNNR 006/20,» Quito, 2020.
- [11] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEN 2248,» Quito, 2016.
- [12] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEM 2506,» Quito, 2009.
- [13] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica,, «El Código Orgánico del Ambiente (COA),» Quito, 2023.
- [14] Alcaldía Ciudadana de Guayaquil, «Ordenanza instalación postes y líneas de energía eléctrica y de telecomunicaciones en Guayaquil.,» Guayaquil, 2022.
- [15] grlum, «Lámparas de vapor de sodio a alta presión,» [En línea]. Available: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz->

LamparasDeDescarga–LamparaVaporSodioAltaPresion.php. [Último acceso: 20 Marzo 2023].

[16] LUZTECO, «Lámparas de inducción magnética,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut281/doc2tut281.pdf>. [Último acceso: 27 Marzo 2023].

[17] sylvania–lighting, «ALUMBRADO PÚBLICO Y TÚNELES: LED SOLAR,» 12 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://sylvania.com.ec/product/led-solar-street-start/>. [Último acceso: 12 Mayo 2023].

[18] Record electric, «ELECTRICIDAD E ILUMINACION,» [En línea]. Available: <https://www.recordelectric.com/lampara-led-lyra>. [Último acceso: 14 Junio 2023].

[19] CatSensors, «Tecnología LoRa y LoRaWAN,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.catsensors.com/es/lorawan/tecnologia-lora-y-lorawan>. [Último acceso: 20 Julio 2023].

[20] DIALUX EVO, «DIALUX EVO,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.Dialux.com/es-ES>. [Último acceso: 12 Junio 2023].

[21] Ministerio del Medio Ambiente, «¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA?,» 2022. [En línea]. Available: <https://luminica.mma.gob.cl/que-es-la-contaminacion-luminica/>. [Último acceso: 17 Junio 2023].

- [22] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA,» 2023. [En línea]. Available: [https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2023/01/pliego\\_tarifario\\_spee\\_-\\_a%C3%B1o\\_2023.pdf](https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2023/01/pliego_tarifario_spee_-_a%C3%B1o_2023.pdf). [Último acceso: 1 Julio 2023].

## Anexos

**CNEL UN GUAYAQUIL**  
CARGOS TARIFARIOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA</b>				
<b>COMERCIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,055	0,092 0,074	1,414	
<b>INDUSTRIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,055	0,067 0,071		
<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,055	0,082 0,068		
<b>BOMBEO AGUA</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	4,055	0,072 0,058		
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA</b>				
<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-V 18:00 hasta 22:00 horas L-V 22:00 hasta 08:00 horas* S,D 18:00 hasta 22:00 horas	2,620	0,056 0,095 0,045 0,056	1,414	
<b>VEHICULOS ELÉCTRICOS</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas L-D: 18:00 hasta 22:00 L-D: 22:00 hasta 08:00 horas SyD: 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,080 0,100 0,050		
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>BAJO Y MEDIO VOLTAJE</b>				
<b>BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO</b>				
1-300 Superior		0,040 0,040	0,700	
<b>ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA</b>				
	2,622	0,060	1,414	
<b>ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA</b>				
08:00 hasta 22:00 horas 22:00 hasta 08:00 horas	2,622	0,060 0,050		



Año	Luminarias LED LYRA 150 W CON telegestion		Luminarias LED LYRA 150 W SIN telegestion		Análisis Económico			
	Inversión Inicial	Costos Totales Anuales	Inversión Inicial	Costos Totales Anuales	Δ I	Δ Costos Totales	Beneficio Valor Presente	Beneficio Valor Presente acumulado
0	\$ 27.306,00	\$ -	\$ 17.668,00	0	\$ -9.638,00		\$ -9.638,00	\$ -9.638,00
1	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 394,17	\$ -9.243,83
2	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 332,63	\$ -8.911,20
3	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 280,70	\$ -8.630,50
4	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 236,88	\$ -8.393,62
5	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 199,90	\$ -8.193,72
6	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 168,69	\$ -8.025,03
7	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 142,35	\$ -7.882,67
8	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 120,13	\$ -7.762,54
9	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 101,38	\$ -7.661,17
10	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 85,55	\$ -7.575,62
11	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 72,19	\$ -7.503,42
12	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 60,92	\$ -7.442,50
13	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 51,41	\$ -7.391,09
14	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 43,39	\$ -7.347,70
15	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 36,61	\$ -7.311,09
16	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 30,90	\$ -7.280,20
17	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 26,07	\$ -7.254,12
18	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 22,00	\$ -7.232,12
19	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 18,57	\$ -7.213,55
20	\$ -	\$ 918,14		\$ 1.385,23	\$ -	\$ 467,09	\$ 15,67	\$ -7.197,88
<b>Tasa descuento</b>	18,50%	<b>VAN</b>	\$ -24.865,88	<b>TIR</b>	0%			