



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TEMA:**

Análisis técnico y financiero para el cambio de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado en el parterre central de la vía a la costa desde el Km 4 hasta el Km 25.

**AUTORES:**

Bajaña Santos, Fernando Alejandro

Peñañiel Brito, Paúl Fabricio

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TUTOR:**

Ing. Edgar Raúl Quezada Calle. MSc,

**Guayaquil, Ecuador**

**2024**




**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Bajaña Santos, Fernando Alejandro y Peñafiel Brito Paúl Fabricio** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**.

**TUTOR**

f.  \_\_\_\_\_

Ing. Quezada Calle, Edgar Raúl, MSc

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f.  \_\_\_\_\_

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, PhD

Guayaquil, 04 de septiembre del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Nosotros, **Bajaña Santos, Fernando Alejandro y Peñafiel Brito, Paúl Fabricio**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación **Análisis técnico y financiero para el cambio de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado en el parterre central de la vía a la costa desde el Km 4 hasta el Km 25**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electricidad ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 04 de septiembre del 2024

**EL AUTORES**

f.   
\_\_\_\_\_ **Peñafiel Brito, Paúl Fabricio**

f.   
\_\_\_\_\_ **Bajaña Santos, Fernando Alejandro**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **Bajaña Santos, Fernando Alejandro y Peñafiel Brito, Paúl Fabricio**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis técnico y financiero para el cambio de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado en el parterre central de la vía a la costa desde el Km 4 hasta el Km 25**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mí exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 04 de septiembre del 2024

**EL AUTORES**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Peñafiel Brito, Paúl Fabricio**

f.   
\_\_\_\_\_  
**Bajaña Santos, Fernando Alejandro**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, PHD  
DIRECTOR DE CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**ING. UBILLA GONZÁLEZ, RICARDO XAVIER, MGS  
COORDINADOR DE TITULACIÓN**

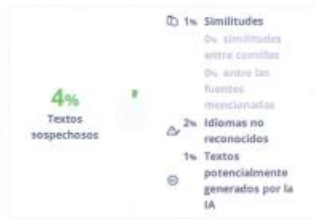
f. \_\_\_\_\_

**ING. BONILLA SÁNCHEZ, RONNIE ALEXANDER, MGS  
OPONENTE**

# REPORTE COMPILATIO



## 1 PEÑAFIEL BRITO PAUL Y BAJAÑA SANTOS FERNANDO - copia



Nombre del documento: 1 PEÑAFIEL BRITO PAUL Y BAJAÑA SANTOS FERNANDO - copia.docx  
 ID del documento: c90c2513577e742e12e1c3406fc8509c796c843f  
 Tamaño del documento original: 5,52 MB  
 Autores: []

Depositante: Edgar Raúl Quezada Calle  
 Fecha de depósito: 25/8/2024  
 Tipo de carga: interface  
 fecha de fin de análisis: 25/8/2024

Número de palabras: 12.481  
 Número de caracteres: 83.434

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Medina Hector_jorge Campuzano Tesis Terminado final.docx   Medina H., #100433 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 19 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (198 palabras)
2	Correcc. Fin_A2024_Tesis_Alay Suarez y Tumbaco Macias Final (3).docx   ... #191231 El documento proviene de mi grupo 15 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (195 palabras)
3	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/handle/123456789/111/UCSG-FRE-TEC-416-181.pdf.se 19 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (189 palabras)
4	tesis cobena_clavijo 2.docx   tesis cobena_clavijo 2 #191041 El documento proviene de mi grupo 15 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (190 palabras)
5	TESIS_Solórzano Ibarra, Yaguaj Lázaro.docx   TESIS_Solórzano Ibarra, ... #170241 El documento proviene de mi grupo 15 Fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (182 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/handle/123456789/111/UCSG-FRE-ECO-CICA-173.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	icelo.sld.cu   La formación práctica del estudiante de ingeniería eléctrica en el la... http://icelo.sld.cu/revista.php?script=icel_articulos&pid=52308-36402023000100043	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/44000/7081/1/UPSE-MPE-2022-0004.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
4	www.universidades.com.ec   Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - UCSG http://www.universidades.com.ec/universidades/universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
5	repositorio.untel.edu.pe https://repositorio.untel.edu.pe/bitstream/handle/123456789/111/0088A_4803080_T.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)

### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/699/1387>
- <https://www.audax.com.pe/transformador-monofasico/>
- <https://calidadesta.files.wordpress.com/2014/06/capitulo-07.pdf>
- <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>
- <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/introduccion-al-voltmetro>

*Edgar Raúl Quezada Calle*  
 25-08-2024

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a mi tutor académico Ing. Quezada por su valiosa orientación, paciencia y sobre todo por los conocimientos compartidos a lo largo de este proyecto. Sin su constante apoyo y sabiduría, este trabajo no habría sido posible.

***Bajaña Santos, Fernando Alejandro***

Deseo expresar mi gratitud a mi familia, mis compañeros de clase, por sus ideas, colaboración y camaradería. Sin duda alguna la realización de este trabajo es el resultado de muchas discusiones enriquecedoras y del esfuerzo compartido. Gracias por hacer de este viaje académico una experiencia inolvidable.

***Peñafiel Brito, Paúl Fabricio***

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis padres, quienes con su amor y apoyo incondicional me han guiado en cada paso de mi vida. Gracias por enseñarme la importancia de la perseverancia, del esfuerzo y sacrificio. Sin su fortaleza y guía este proyecto no se hubiera logrado.

***Bajaña Santos, Fernando Alejandro***

Dedico este trabajo a mi familia, a mis amigos y compañeros, quienes han sido mi fuente de inspiración y motivación y mis colegas que han formado parte de este viaje académico. Dedico este trabajo a cada uno de ustedes, agradeciendo una vez más por su amistad y por estar siempre a mi lado, compartiendo alegrías y desafíos.

***Peñafiel Brito, Paúl Fabricio***



# CONTENIDO

RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
Capítulo I .....	2
Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Justificación y alcance .....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.4 Objetivos del Problema de Investigación .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Metodología de la investigación .....	4
1.6.1 Metodología analítica.....	5
1.6.2 Metodología cualitativa .....	5
Capítulo II .....	6
Fundamentación Teórica.....	6
2.1 Voltaje.....	6
2.1.2 Voltaje en media tensión.....	8
2.1.3 Voltaje en alta tensión .....	8
2.2 Corriente Eléctrica .....	8
2.2.1 Corriente Eléctrica Continua.....	10
2.2.2 Corriente Eléctrica Alterna .....	10

<b>2.3 Resistencia Eléctrica</b> .....	11
<b>2.4 Potencia Eléctrica</b> .....	12
<b>2.5 Ley de Ohm</b> .....	13
<b>2.6 Circuitos eléctricos</b> .....	13
<b>2.6.1 Circuito en Serie</b> .....	14
<b>2.6.2 Circuito en Paralelo</b> .....	15
<b>2.7 Distribución de energía</b> .....	15
<b>2.7.1 Transformadores de Distribución</b> .....	16
<b>2.7.1.1 Transformadores Monofásicos</b> .....	17
<b>2.8 Líneas eléctricas</b> .....	23
<b>2.8.1 Tipos de luminarias y cableado</b> .....	24
<b>2.9 Líneas preensambladas</b> .....	26
<b>2.9.1. Puestas a tierra</b> .....	26
<b>2.10 Soldaduras exotérmicas</b> .....	28
<b>2.11 Cajas de paso y Ductos</b> .....	28
<b>Capítulo III</b> .....	30
<b>Desarrollo del Proyecto</b> .....	30
<b>3.1 Herramientas tecnológicas</b> .....	30
<b>3.2 Alcance de la Propuesta</b> .....	31
<b>3.3 Diseño de Propuesta</b> .....	32
<b>3.5.3 Conductor de Aluminio 2 AWG</b> .....	46
<b>Capítulo IV</b> .....	48
<b>Conclusión y Recomendaciones</b> .....	48

<b>4.1 Conclusiones</b> .....	48
<b>4.2. Recomendaciones</b> .....	49
<b>Bibliografía</b> .....	51
<b>ANEXOS</b> .....	60

## Índices de Figuras

<i>Figura 1 Uso de Voltímetro</i>	6
<i>Figura 2 Voltaje en Circuitos Eléctricos</i>	7
<i>Figura 3 Equipo de Medición: Amperímetro</i>	9
<i>Figura 4 Corriente Eléctrica</i>	10
<i>Figura 5 Corriente Eléctrica Continua</i>	10
<i>Figura 6 Corriente Eléctrica Alterna</i>	11
<i>Figura 7 Circuito Eléctrico</i>	14
<i>Figura 8 Flujo de Circuito en Serie</i>	14
<i>Figura 9 Distribución de Energía</i>	16
<i>Figura 10 Transformadores de Distribución</i>	17
<i>Figura 11 Transformadores Monofásicos</i>	17
<i>Figura 12 Transformadores Elevadores</i>	18
<i>Figura 13 Transformadores Reductores</i>	20
<i>Figura 14 Transformadores Trifásicos</i>	21
<i>Figura 15 Transformadores Auto protegidos</i>	22
<i>Figura 16 Transformadores Convencionales</i>	23
<i>Figura 17 Líneas de Transmisión</i>	24
<i>Figura 18 Tipos de Colores de conductores de cobre</i>	25
<i>Figura 19 Amperajes y Calibres de conductores de cobre</i>	25
<i>Figura 20 Conductores de Aluminio</i>	26

<i>Figura 21 Sistema Puesta a Tierra</i>	27
<i>Figura 22 Soldadura Exotérmica</i>	28
<i>Figura 23 Cajas y Ductos.</i>	29
<i>Figura 25 Ubicación del Km 4 hasta el Km 25</i>	30

## Índices de Tablas

Tabla 1.....	33
Tabla 2.....	33
Tabla 3.....	34
Tabla 4.....	35
Tabla 5.....	35
Tabla 6.....	36
Tabla 7.....	36
Tabla 8.....	36
Tabla 9.....	37
Tabla 10.....	38
Tabla 11.....	39
Tabla 12.....	44

## Índices de Ecuaciones

<i>Ecuación 1 Intensidad de corriente eléctrica</i>	8
<i>Ecuación 2 Resistencia total de circuito en serie</i>	12
<i>Ecuación 3 Resistencia Total en circuito en paralelo</i>	12
<i>Ecuación 4 Potencia Eléctrica</i>	12
<i>Ecuación 5 Potencia Eléctrica</i>	13
<i>Ecuación 6 Ley de OHM</i>	13
<i>Ecuación 7 Longitud de empotramiento de muros</i>	45

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación aborda el análisis técnico y financiero vital para la conversión de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado público del parterre central de la vía a la costa, en el tramo comprendido entre el Km 4 y el Km 25. El objetivo principal es mejorar la eficiencia luminosa y obtener significativos ahorros energéticos, a fin de reducir los problemas críticos asociados con la red aérea actual, tales como la interferencia de la vegetación y los daños causados por las condiciones climáticas adversas.

Con una metodología mixta que incluyó la identificación de los puntos críticos en la red de alumbrado existente, se realizó una comparación entre las luminarias de sodio actualmente en uso y las luminarias LED propuestas, destacando que las LED no solo ofrecen una mayor eficiencia energética, sino también una mejor calidad de iluminación, lo que contribuirá a la seguridad y visibilidad en la vía. Este proyecto costaría \$2,485,575.19, con una tasa de retorno de inversión proyectada a tres años y que la conversión a una red soterrada viable generará ahorros significativos en términos de mantenimiento y consumo energético a largo plazo.

Este sistema se implementó para obtener un circuito de alumbrado eficiente, sostenido y que genere ahorro en el consumo energético, acompañado de eficacia lumínica, para obtener un servicio de calidad a los usuarios de este sector, a la vez puede ser replicado en zonas de alto flujo vehicular como en zonas residenciales y rurales de nuestra ciudad.

**Palabras claves:** Redes de baja tensión, alumbrado público, eficiencia energética, luminarias LED, análisis financiero vía a la Costa.



## **ABSTRACT**

This research work addresses the vital technical and financial analysis for the conversion of overhead low voltage networks to underground in the public lighting circuits of the central parterre of the road to the coast, in the section between Km 4 and Km 25. The main objective is to improve luminous efficiency and obtain significant energy savings, in order to reduce critical problems associated with the current aerial network, such as interference from vegetation and damage caused by adverse weather conditions.

With a mixed methodology that included the identification of critical points in the existing lighting network, a comparison was made between the sodium luminaires currently in use and the proposed LED luminaires, highlighting that LEDs not only offer greater energy efficiency, but also also a better quality of lighting, which will contribute to safety and visibility on the road. This project would cost \$2,485,575.19, with a projected three-year return on investment and that the conversion to a viable underground network will generate significant savings in terms of maintenance and energy consumption in the long term.

Its implementation lies in the transition towards more sustainable and efficient lighting systems, generating economic and environmental benefits. The project not only represents a significant technical improvement, but also contributes to sustainable development and the improvement of the quality of life of the inhabitants and users of the road to the coast.

**Keywords:** Low voltage networks, public lighting, energy efficiency, LED lighting, financial analysis via the Coast.

# **Capítulo I**

## **Descripción general del trabajo de titulación**

### **1.1 Introducción**

Actualmente la eficiencia energética y luminosa del alumbrado público con lámparas de sodio de alta presión conllevan a emitir radiaciones con un espectro de emisión de bandas más anchas, sus características han mejorado, pero la eficacia luminosa y la reproducción cromática siguen siendo el punto débil de estas lámparas. El tubo de descarga llega a alcanzar temperaturas de 1000°C.

El uso de luminarias con lámparas de sodio de alta presión a nivel nacional frente al aumento de la población también implica el incremento de carreteras debido a una mayor extensión de comunidades, por lo cual esto genera que municipios y empresas dedicadas para la distribución del alumbrado público busquen estrategias para lograr una distribución eficaz en las vías principales y alternas, impactando de manera financiera y ambiental.

### **1.2 Justificación y alcance**

El siguiente estudio se centra en analizar el circuito de alumbrado público desde su enfoque técnico y financiero, siendo de prioridad para evitar daños en las redes eléctricas, los mismos que pueden ser afectados por las tormentas eléctricas, crecimiento de áreas verdes como árboles de una altitud considerable, caídas de tensión, entre otras.

Por lo cual este estudio trata de analizar y proponer opciones viables en el cambio de redes de baja tensión en los circuitos de alumbrado en una carretera de 21 Km en ambos sentidos de la vía a la Costa en lo que concierne a luminarias, ductos, cajas de paso, los mismos que vienen de una alimentación de transformadores eléctricos, ante esto se hace esencial la propuesta de cambio de las redes aéreas por subterráneas para disminuir los impactos a nivel ambiental ante posible afectaciones por accidentes de

tránsitos o daños ocasionados por habitantes.

### **1.3 Planteamiento del problema**

Al cabo de la distribución desde el Km 1 hasta la altura del Km 25 la red de alumbrado público se ve afectado por ramas de árboles ubicados en todo lo largo de la carretera lo cual pueden ocasionar desperfectos en el alumbrado o llegar hasta cortocircuitos, los cuales tiene inconvenientes de manera principal en épocas invernales de la región. En las mismas se producen innumerables descargas eléctricas, obteniendo como resultado las sobre tensiones, estas provocan daños en las estructuras o líneas de sub transmisión, donde se encuentran equipos de potencia eléctrica.

Estas suministran energía para el funcionamiento óptimo del alumbrado, tomando en consideración las afectaciones producidas por el fenómeno atmosférico lo cual provoca daños irreversibles llegando a provocar una descarga con miles de amperios teniendo como resultado paradas intempestivas de alto margen y con el crecimiento de árboles en la vía, este tipo de sucesos conlleva a tráficos y caos por falta de iluminación, colisión de vehículos con los postes de hormigón que se encuentran actualmente en la vía, representando márgenes de pérdida tanto para la empresa proveedora del servicio del alumbrado público como a la comunidad, considerando que ésta es una de las vías con mayor influencia de tráfico vehicular.

### **1.4 Objetivos del Problema de Investigación**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Realizar un análisis y proponer una solución para la conversión de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado público del parterre central de la vía a la costa, entre el Km 4 y el Km 25. La propuesta se basará en una metodología mixta que permitirá identificar los problemas críticos logrando así, mejorar la eficiencia luminosa y obtener significativos ahorros energéticos en la red de alumbrado.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar los puntos críticos existentes en la red de distribución

de alumbrado en la carretera vía a la Costa desde el Km 4 hasta el Km 25.

- Analizar el consumo energético y económico de la red de cableado aéreo del parterre central del alumbrado público.
- Diseñar una propuesta técnica de la red de cableado subterráneo para la mejora de eficiencia energética y luminosa.

### **1.5 Hipótesis**

Mediante el cambio de la red eléctrica aérea a una red eléctrica subterránea en el tramo conformado por más de 20 kilómetros en sentido este y oeste y viceversa de la vía a la Costa, se pretende mejorar el alumbrado público aprovechando al máximo la red baja de tensión con iluminación tipo LED, a su vez logrando minimizar los daños en líneas eléctricas producidas por la altitud de los árboles en el parterre central y las corrientes de aire que afectan principalmente en épocas de estación invernal de la ciudad de Guayaquil.

### **1.6 Metodología de la investigación**

La metodología en el desarrollo de este análisis es de índole mixta lo que concierne en metodología analítica y cualitativa; las cuales se han utilizado de forma conjunta con procedimientos, técnicas y herramientas para llevar a cabo un estudio de manera sistemática y rigurosa. Existen diferentes tipos de metodologías de investigación que se pueden adaptar según los objetivos del estudio y la naturaleza del problema investigado (Bedoya, 2020).

Acorde a las metodologías de investigación se pueden utilizar según el enfoque de estudio y los objetivos de la investigación planteados. Algunos de los tipos de investigación más comunes son las siguientes: a) metodología cualitativa, metodología cuantitativa, metodología mixta, metodología experimental (Arias González J. L., 2021).

### **1.6.1 Metodología analítica**

Se enfoca en comprender en profundidad las experiencias, percepciones y significados de las personas en su contexto natural. Emplea técnicas como entrevistas, observación participante y análisis de contenido para obtener datos analíticos (Bedoya, 2020).

### **1.6.2 Metodología cualitativa**

Se centra en la recopilación y el análisis de datos numéricos para describir, explicar o predecir fenómenos. Utiliza técnicas estadísticas para interpretar los resultados y establecer relaciones entre variables buscando captar la riqueza y profundidad de las experiencias humanas a través de la observación directa, las entrevistas, los grupos focales y el análisis de contenido (Montañez Ramírez & Moreno Calles, 2021). La metodología cualitativa es un enfoque de investigación que se centra en comprender y explorar la complejidad de los fenómenos sociales desde una perspectiva holística y contextual. A diferencia de la metodología cuantitativa, la cualitativa se enfoca en la calidad de los datos recopilados.

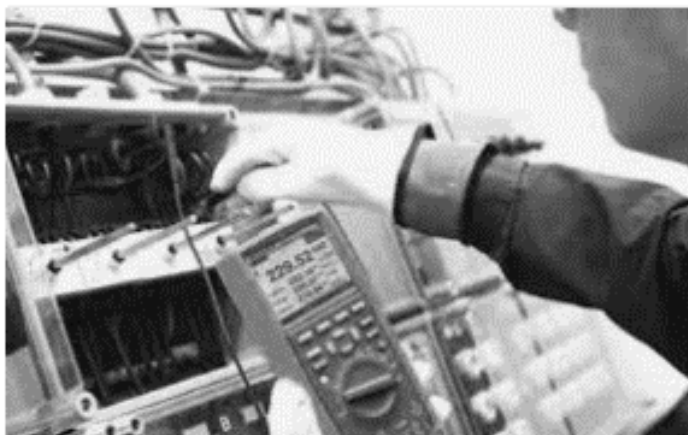
## Capítulo II

### Fundamentación Teórica

#### 2.1 Voltaje

Es una medida fundamental en los sistemas eléctricos y desempeña un papel crucial en la transmisión, distribución y uso de la energía eléctrica. Denominado como tensión o diferencial de potencial permitiendo impulsar a los electrones fluir por medio de un conductor en un circuito cerrado (Ecu Red, 2021).

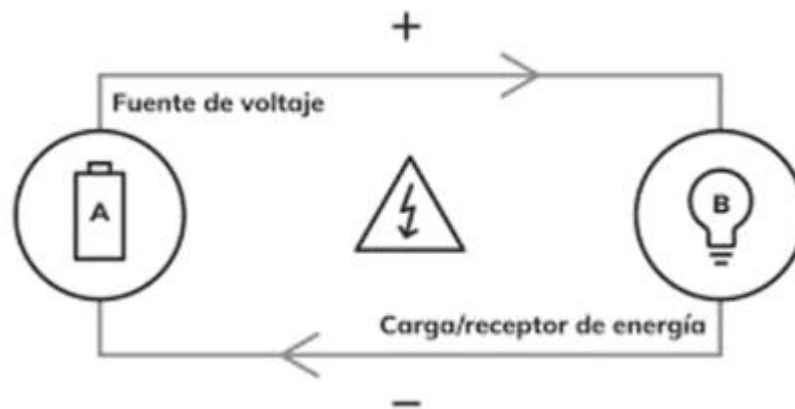
Se lo puede considerar al momento de ejercer un trabajo sobre las cargas que fluyen en un campo eléctrico, en el Sistema Internacional (SI) el voltaje se expresa en Voltios (V), logrando ser medido por medio de un equipo llamado voltímetro, el cual se puede apreciar en la Figura 1 (Pedrajas, 2022).



*Figura 1 Uso de Voltímetro*

*Fuente: (De Máquinas y Herramientas, 2023).*

Es crucial para el funcionamiento seguro, eficiente y confiable de los sistemas eléctricos, desde la generación hasta el consumo final de energía. Mantener un control preciso del voltaje es fundamental para garantizar un suministro eléctrico estable y seguro para todos los usuarios conectados a la red, como se puede apreciar en la Figura 2, adicional el voltaje tiene como importancia la transferencia de energía, compatibilidad de equipos y estabilidad en el sistema (Revista UIS Ingenierías, 2020).



*Figura 2 Voltaje en Circuitos Eléctricos*  
*Fuente: (Almache & Morán, 2021)*

### 2.1.1 Voltaje en baja tensión

Trabaja en circuitos en series y paralelos como se detalla en los numerales 2.3 y 2.4 en el cual especifica que pueden fluir voltajes en baja tensión los cuales van desde 120V, 240V, 208V, 440V, o también considerados rangos que van desde 120 V hasta 600 V siendo estos tensión Monofásicos o Trifásicos (Arteaga Maldonado & Alberto, 2019).

El voltaje en circuitos monofásicos es común en aplicaciones residenciales debido a que usa una sola fase de corriente alterna (CA) y es de 120 V hasta 230 V dependiendo la normativa de cada país, en el caso de Ecuador son de 120 V hasta 240V (Iglesias Vargas & Varas Borja, 2020).

Para poder transmitir energía eléctrica, es indispensable un solo conductor activo denominado como Fase y un conductor denominado neutro. El comportamiento de la onda es sinusoidal representando la oscilación del voltaje entre valores positivos negativos en toda la longitud de onda (Masabanda Pinza, 2021).

También se presenta corriente alterna con una frecuencia de 60 Hz, los cuales van acorde con la normativa vigentes en estos tipos de circuitos monofásicos en Ecuador; cabe resaltar que cada país se acoge la normativa vigente acorde a sus condiciones geográficas (CPE INEN 019, 2001).

### **2.1.2 Voltaje en media tensión**

Se refiere a un rango específico de tensión eléctrica comúnmente utilizado en la distribución de energía eléctrica. Abarca voltajes desde 1 kV (kilovoltios) hasta 36 kV, pese a que los rangos pueden variar según las normativas y estándares locales de cada país (PAZ VILLANUEVA, 2019).

Se aplica para la distribución de subestaciones hasta transformadores que alimentan áreas residenciales e industriales, con lo cual permite una transmisión de energía a distancias más largas, logrando operar de manera eficiente reduciendo las pérdidas de energías (Álvarez Castañeda, 2019).

### **2.1.3 Voltaje en alta tensión**

Son rangos de voltajes significativamente altos siendo empleados en zonas industriales, los rangos se consideran desde los 36 KV hasta 230 KV. Se aplica para elevar la transmisión de electricidad a largas distancias, reduciendo la corriente y las pérdidas de energía en forma de calor en los conductores (Tuberquia Villa, 2023).

En las subestaciones se utilizan transformadores para convertir la alta tensión en niveles apropiados para una distribución local, en las zonas industriales se emplean para alimentar maquinarias pesadas y equipos especializados (Landi Placencia, 2023).

## **2.2 Corriente Eléctrica**

Es una de las magnitudes esenciales en la electricidad, se define a la intensidad de corriente eléctrica como el flujo de cargas que pasa por un circuito de un punto a otro en un determinado tiempo como se aprecia en la Ecuación 1, según el S.I. se mide en Amperios (A) (Robinson Darío, 2021).se

$$I = \frac{q_0}{t}$$

*Ecuación 1 Intensidad de corriente eléctrica*



*Fuente: (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018)*

Donde:

I: Intensidad de corriente eléctrica (A)

$q_0$ = Flujo de cargas (Coulomb C)

t= tiempo (Segundos s)



*Figura 3 Equipo de Medición: Amperímetro*

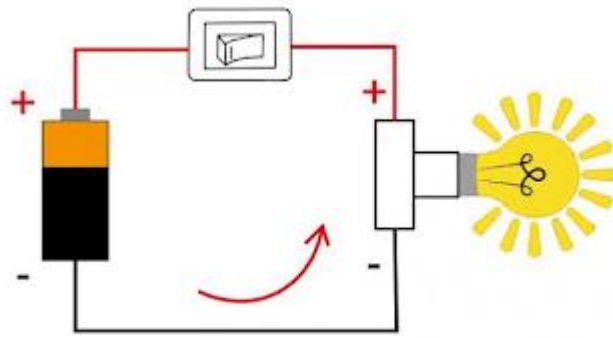
*Fuente: (Ok Diario, 2020)*

Cumple un rol importante porque permite determinar la funcionalidad de los dispositivos eléctricos, tomando en cuenta que cada dispositivo tiene rangos específicos de corriente para operar correctamente sin dañarse. La intensidad de corriente se logra medir con un equipo llamado Amperímetro, como se aprecia en la figura 3 (De, A. P. U. N. T. E., 2020).

Este flujo se produce cuando hay una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) entre dos puntos, lo que provoca que los electrones (o en algunos casos, iones) se muevan desde un área de mayor carga negativa hacia un área de menor carga negativa (Arias, González, & Álvarez, 2023).

Se considera que intervienen elementos como: flujo de electrones, circuitos eléctricos, resistencia, efecto Joules. Dando paso a diferentes aplicaciones en la vida cotidiana que van desde la iluminación, electrodomésticos y comunicaciones etc. (Comisión Federal de Electricidad, 2020). En la figura 4 se puede apreciar un esquema sobre el funcionamiento de la corriente eléctrica de manera general. Recordando que se dividen en

corriente continua y corriente alterna.



*Figura 4 Corriente Eléctrica*  
*Fuente: (Freepik, 2023).*

### 2.2.1 Corriente Eléctrica Continua

Es un flujo de corriente en el cual fluyen cargas eléctricas las cuales se mueven en una sola dirección de manera constante, lo cual equivale a que los electrones fluyen siempre en el mismo sentido, como es común la electricidad que proviene de una batería (Félix & Roberto, 2019).

Permitiendo que el voltaje se mantenga constante en los dispositivos eléctricos, adicional la forma de la onda tiene una forma plana debido a que no varía de dirección ni el tiempo, como se observa en la figura 5 (Imbach I. &., 2021).



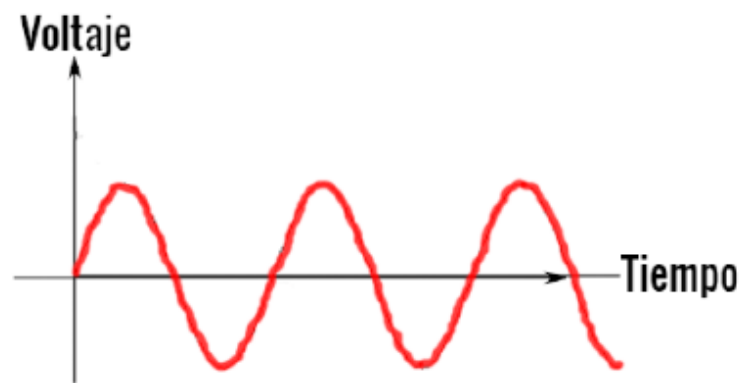
*Figura 5 Corriente Eléctrica Continua*  
*Fuente: (Freepik, 2023).*

### 2.2.2 Corriente Eléctrica Alterna

Es un tipo de corriente en la que el flujo de carga cambia de dirección

periódicamente, lo que influye que los electrones se muevan en un sentido y luego de un intervalo de tiempo en sentido opuesto, creando un patrón oscilante, como se observa en la Figura 6. Dentro de esto encontramos elementos como frecuencia, voltajes, etc. (Almache & Morán, 2021).

Tiene como ventajas: transmisión eficiente la cual permite transmitir largas distancias de corriente con menos pérdidas de energía en comparación de una corriente continua; esto debido al aumento del voltaje mediante transformadores (Hernández Meneses, 2023).



## Corriente Alterna

*Figura 6 Corriente Eléctrica Alterna*  
*Fuente: (El Blog de PepeEnergy, 2021).*

### 2.3 Resistencia Eléctrica

Se denomina resistencia a la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. En el S.I. se mide en Ohmios ( $\Omega$ ). Cuanto mayor sea la resistencia menor será la corriente que fluya a través del circuito para un voltaje determinado y viceversa (Porto & Gardey, 2021).

Los componentes eléctricos diseñados para proporcionar una resistencia se denominan resistores. Estos se pueden emplearse en circuitos en serie y en paralelos, logrando controlar la cantidad de corriente que fluye en cada uno de estos. En la Ecuación 2 y 3 se detalla cómo se calcula en los circuitos en serie y paralelos respectivamente (Junco & Madeleine, 2019).

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

*Ecuación 2 Resistencia total de circuito en serie*

*Fuente: (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018).*

La resistencia total es la suma de todas las resistencias individuales, como se aprecia en la ecuación 2.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

*Ecuación 3 Resistencia Total en circuito en paralelo*

*Fuente: (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018).*

Para determinar la resistencia total en un circuito en paralelo, es la suma inversa de todas las resistencias individuales en dicho circuito, como se aprecia en la ecuación 3.

En las resistencias se resalta que los conductores como el cobre y el aluminio tienen bajas resistencias, al contrario de los aisladores como el plástico y el vidrio tienen una resistencia muy alta, todo esto en consideración de las propiedades físicas y químicas de estos (Naranjo Contento & Velasco Jaramillo, 2022).

## **2.4 Potencia Eléctrica**

Se define como potencia eléctrica a la cantidad de energía que se consume o se produce en un circuito en una unidad de tiempo. En el S. I. la potencia se mide en Vatios o Watts (W), siendo equivalente a Joules (J) por Segundo (s). La potencia eléctrica se puede calcular como se observa en las siguientes ecuaciones 4 y 5.

$$P = E * t$$

*Ecuación 4 Potencia Eléctrica*

*Fuente: (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018).*

Donde:

P= potencia eléctrica (W)

E= Energía o Trabajo (J)

t= tiempo (s)

$$P = V * I$$

***Ecuación 5 Potencia Eléctrica***

***Fuente: (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018).***

Donde:

P= potencia (W)

V= voltaje o tensión (V)

I= intensidad de corriente (A).

## **2.5 Ley de Ohm**

La ley de Ohm describe la relación entre voltaje, intensidad de corriente y resistencia de un circuito eléctrico. Estableciendo que la corriente que fluye entre dos puntos por medio de un conductor es directamente proporcional a la tensión (Voltios) entre esos dos puntos e inversamente proporcional a la resistencia del conductor (Ohmios). Matemáticamente se expresa como se visualiza en la ecuación 6 (Mecatrónica LATAM, 2023).

$$V = I * R$$

***Ecuación 6 Ley de OHM***

***Fuente: (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018).***

Donde:

V= voltaje (V)

I=intensidad de corriente (A)

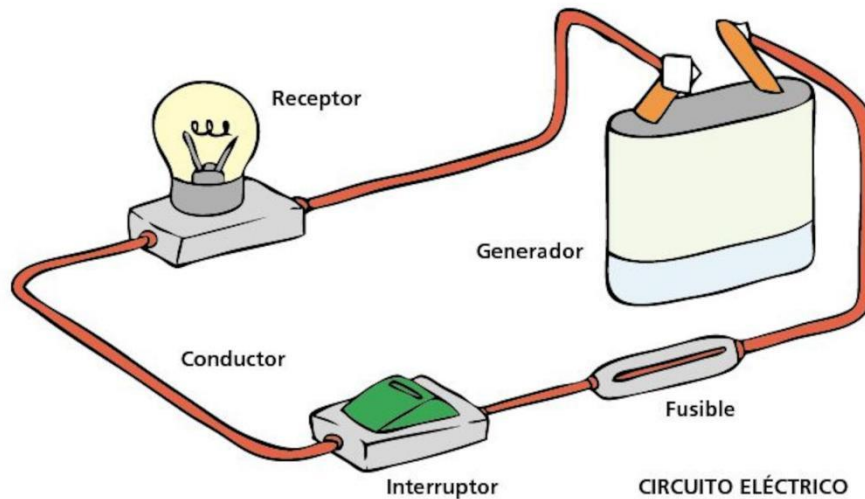
R= resistencia ( $\Omega$ ).

## **2.6 Circuitos eléctricos**

Se define como un recorrido cerrado por el cual fluye la corriente eléctrica, en un circuito pueden estar presentes algunos elementos primordiales como son: conductores, resistencias, pilas o baterías, etc. (Pérez Martínez, 2021).

Se encuentran desde dispositivos sencillos como celulares, laptops, control de remotos como se observa en la Figura 7; adicional se encuentran en hogares, edificios; cumpliendo con los parámetros establecidos que

conlleven conductores, aisladores, resistencias, clasificando en circuitos eléctricos en series y en paralelos (Barrera Rea, 2024).



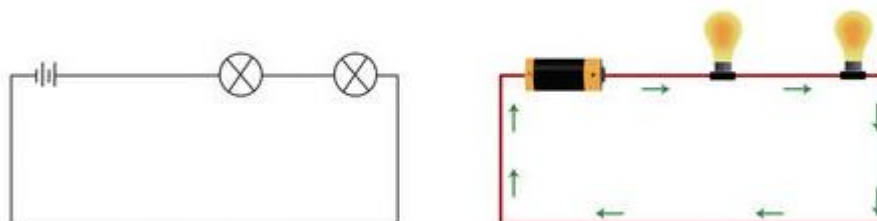
*Figura 7 Circuito Eléctrico*  
*Fuente: (Ruiz, 2024)*

### 2.6.1 Circuito en Serie

Se caracterizan por estar unidos por un mismo hilo conductor, es decir por un mismo cable lo cual realiza una sola trayectoria para toda la corriente eléctrica, como se aprecia en la Figura 8 por ende, si una las componentes fallan toda la corriente se interrumpe en todo el circuito (Revista Multi-Ensayos, 2023 vol. 9).

Está configurado de manera en que los componentes forman una ruta entre todos los componentes que los conforman. Hoy en día se aplica en equipos eléctricos donde se desea un control sencillo, lo cual comprende si llega a existir un fallo en uno los componentes no es algo crítico para todo el circuito (Vázquez, diciembre 2022).

### Circuito en serie



*Figura 8 Flujo de Circuito en Serie*  
*Fuente: (Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No.*

2, 2020).

### **2.6.2 Circuito en Paralelo**

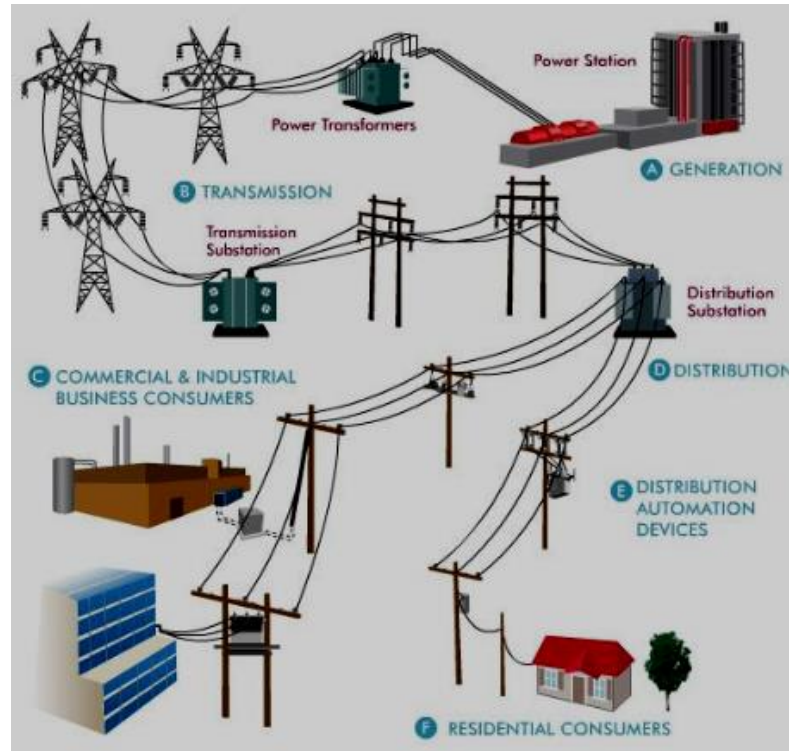
Presentan una conexión de componentes, los cuales están conectados de manera tal que cada uno tiene su propio camino de corriente, lo que establece que todos están conectados directamente proporcional a la fuente de voltaje (Villegas, 2019).

El voltaje a través de cada componente es el mismo por ende es igual al voltaje de la fuente, esto conlleva a la suma de resistencias como se pudo apreciar en la ecuación 3 (Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición, 2018).

### **2.7 Distribución de energía**

El objetivo es llevar la electricidad de manera eficiente, segura y confiable desde los puntos de generación hasta los usuarios finales, ya sean hogares, comercios, industrias u otras instalaciones, en los cuales se debe minimizar los tiempos de cortes y asegurar la continuidad del servicio (Arias F. L., 2022).

Estos objetivos buscan asegurar que la distribución de energía eléctrica sea segura, eficiente y sostenible, respondiendo a las necesidades cambiantes del mercado eléctrico y contribuyendo al desarrollo sostenible en el sector energético, como se logra visualizar en la Figura 9 (Almache & Morán, 2021).



*Figura 9 Distribución de Energía*  
*Fuente: (Comisión Federal de Electricidad, 2020).*

### 2.7.1 Transformadores de Distribución

Estos desempeñan un papel fundamental en los sistemas eléctricos al permitir la transmisión eficiente y segura de energía eléctrica desde las subestaciones de alta tensión hasta los consumidores finales, adaptando el voltaje de la energía eléctrica (Almache & Morán, 2021).

Los componentes esenciales en los sistemas eléctricos modernos, facilitan la entrega eficiente, segura y confiable de energía eléctrica a los usuarios finales. Su correcto funcionamiento y mantenimiento son fundamentales para garantizar el buen desempeño de la red de distribución eléctrica, así como se puede apreciar en la Figura 10 (Imbach I. &., 2021).





*Figura 10 Transformadores de Distribución*  
*Fuente: (Arias F. L., 2022).*

### **2.7.1.1 Transformadores Monofásicos**

Son dispositivos electrónicos que se utilizan para transformar voltajes en sistemas de corriente alterna de una solo fase, el cual tiene un devanado primario y un devanado secundario, permitiendo la conversión de voltaje de un nivel a otro. Puede reducir voltaje de alta tensión a niveles más bajos para uso residencial o industrial, como se aprecia en la Figura 11 (Bocanegra, Montoya, & Molina-Cabrera, 2020).



*Figura 11 Transformadores Monofásicos*  
*Fuente: (AUDAX, 2023).*

Estos dispositivos presentan las siguientes características:

- Diseño simple: su construcción es sencilla, lo que hace que su costo sea más económico y de fácil mantenimiento.
- Aplicaciones: comúnmente utilizados en aplicaciones donde se

requiere una única fase de alimentación, como viviendas, pequeñas industrias y sistemas de iluminación.

- Capacidades: pueden variar en potencia desde pocos VA (Voltios – Amperios) hasta KW (kilovoltio – Amperios), todo dependiendo de la aplicación (Proaño, 2023).

### **2.7.1.2 Transformadores elevadores**

Tiene un devanado primario que recibe la corriente a un voltaje más bajo y un devanado secundario que entrega la corriente a un voltaje más alto, siendo su principal función elevar el voltaje mientras reduce la corriente manteniendo la potencia en el sistema. (Gutiérrez Suarez, 2021), Sus aplicaciones comunes son en: transmisión de energía eléctrica, subestaciones eléctricas, sistemas industriales y cargadores de sistemas de energía renovables, se puede apreciar la Figura 12.



*Figura 12 Transformadores Elevadores  
Fuente: (Globe Core, 2021).*

Las características de estos transformadores son:

- Relación de transformación: entre el número de vueltas del devanado primario y secundario determina cuánto se eleva el voltaje
- Eficiencia: suelen tener alta eficiencia, a menudo superior al 95%,

lo que significa que la mayoría de la energía se transfiere del primario al secundario con mínimas pérdidas.

- Diseño robusto: están diseñados para soportar altas tensiones y deben cumplir con estrictas normas de seguridad (Zamacona, Castillo Hernández, & Gasca., 2020).

### **2.7.1.3 Transformadores reductores**

Su principal función es reducir el voltaje mientras aumenta la corriente manteniendo la potencia en el sistema, mediante el cual el devanado primario recibe la corriente a un voltaje más alto y un devanado secundario que entrega una corriente a un voltaje más bajo, puede llegar a tener una potencia de 250 MVA (Mega Voltios – Amperios y soportar tensión hasta 245 kW (Villanueva Loredo, 2023).

Funciona mediante inducción electromagnética, cuando una corriente alterna pasa a través de un devanado creando un campo electromagnético. La relación entre el número de vueltas en los devanados determina cuánto se reduce el voltaje. Tiene como características las siguientes:

- Relación de transformación: la relación entre el número de vueltas del devanado primario y secundario determina la reducción del voltaje.
- Eficiencia: suelen tener alta eficiencia, aunque pueden tener pérdidas en forma de calor.
- Sus principales aplicaciones se destacan las siguientes: Distribución eléctrica, alimentación de equipos, sistemas de iluminación, electrodomésticos, etc.
- Diseño robusto: diseñados para adaptarse a tensiones y corrientes específicas según su aplicación (Roncancio Carreño, 2022).



*Figura 13 Transformadores Reductores*

*Fuente: (TTE Transformamos energía generando valor, 2023).*

### **2.7.1.3 Transformadores trifásicos**

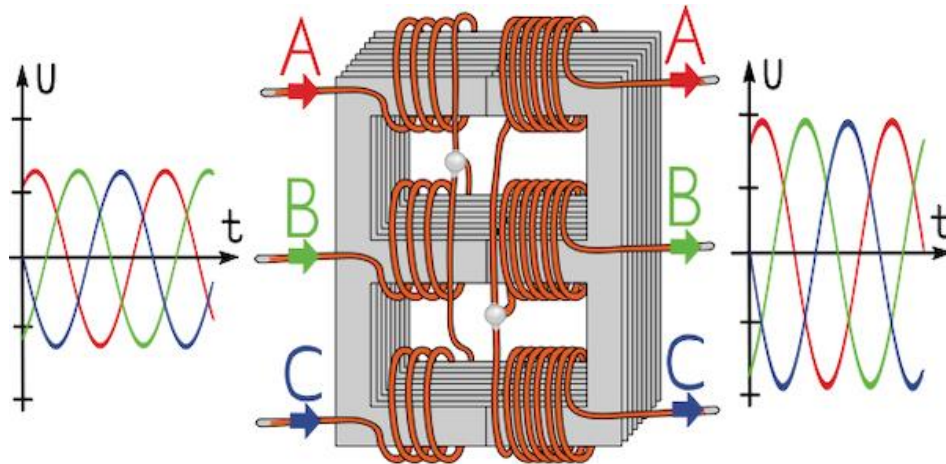
Este tipo de transformadores empelados para transformar voltajes en sistemas de corriente alterna, mantiene tres devanados primarios y tres secundarios, lo que permite manejar tres fases de corrientes alterna simultáneamente.

Pueden llegar a estar configurados en conexiones como estrella (Y) o triangulo ( $\Delta$ ) dependiendo su aplicación (Játiva, 2019). Tienen como características los siguientes:

- Configuración: tiene sus ventajas específicas en términos de voltaje, corriente y calidad de energía.
- Eficiencia: estos elementos eléctricos son eficientes y manejan las energías sin pérdidas significativas.
- Balanceo de cargas: éstas permiten eliminar el calentamiento o enfriarlo (Aragundi, 2021).

Tiene como complejidad su instalación y mantenimiento, debido a las interacciones entre las tres fases, aunque su costo inicial puede ser mayor

que otros transformadores ofrece estabilidad y mejor riesgo de pérdidas de fase, tiene menor costo por unida de potencia y una alta eficiencia energética (Caiza Jami, 2019).



*Figura 14 Transformadores Trifásicos*

*Fuente: (TAMESON, 2022).*

#### **2.7.1.4 Transformadores auto protegidos**

Diseñados para ofrecer protección adicional contra sobrecargas y cortocircuitos, lo que los hace ideales para aplicaciones donde la seguridad y la fiabilidad son fundamentales. Este tipo de transformador incluye mecanismos integrados que permiten detectar condiciones anormales, como sobrecargas o cortocircuitos, y desconectar automáticamente el circuito para evitar daños (Agreda, 2021). Siendo sus características más relevantes los siguientes:

- Principio de funcionamiento: Al igual que los transformadores convencionales, los transformadores auto protegidos operan mediante la inducción electromagnética. Sin embargo, su diseño incluye componentes adicionales que monitorean constantemente el estado del transformador y del circuito.
- Protección integrada: al ocurrir un error en el sistema eléctrico, cuenta con protecciones inteligentes que evitan daños superiores.
- Monitoreo continuo: poseen sistemas SCADA que identifica los problemas críticos en tiempos reales.

- Facilidad de mantenimiento: Al tener sistemas de protección integrados, a menudo requieren menos intervención manual en comparación con transformadores convencionales (Cuasque Cacuango, 2020).



*Figura 15 Transformadores Auto protegidos  
Fuente: (Indelec, 2023)*

### **2.7.1.5 Transformadores convencionales**

Son dispositivos eléctricos que se utilizan para cambiar los niveles de voltaje en sistemas de corriente alterna (CA). Son fundamentales en la transmisión y distribución de energía eléctrica. Es un dispositivo electromagnético que consta de dos o más bobinas de alambre enrolladas alrededor de un núcleo de material ferromagnético.

Su función principal es transformar la tensión eléctrica de un nivel a otro mediante el principio de inducción electromagnética (Pérez, 2020).

#### **Características**

- Eficiencia alta: Los transformadores convencionales son generalmente muy eficientes, con eficiencias que pueden superar el 95%.
- Diseño robusto: Están diseñados para operar durante largos períodos y soportar condiciones ambientales adversas.

- Bajo mantenimiento: Una vez instalados, requieren poco mantenimiento, aunque es importante realizar inspecciones periódicas. (Peñañiel, 2023)



*Figura 16 Transformadores Convencionales*  
*Fuente: (PortoTrans, 2021).*

## 2.8 Líneas eléctricas

Estas desempeñan un papel crucial en los circuitos eléctricos al permitir la transmisión de energía eléctrica desde una fuente de generación hasta los puntos de consumo.

La importancia de las líneas eléctricas en los circuitos eléctricos se puede resumir en transmisión de energía, conducción eléctrica y estabilidad en el sistema, como se aprecia en la Figura 17 (Pérez Martínez, 2021).

Estos elementos en los circuitos eléctricos son fundamentales para una excelente transmisión de energía a los usuarios.

Su diseño, instalación y mantenimiento adecuados son clave para asegurar el buen funcionamiento del sistema eléctrico en su conjunto (Hernández Meneses, 2023).



*Figura 17 Líneas de Transmisión*  
*Fuente: (Arias, González, & Álvarez, 2023).*

Se clasifican según la necesidad del mercado donde se van a instalar acorde a la capacidad de producción energética, temperaturas y presión atmosférica como se detalla en la normativa CPE INEN 109, en el cual en la Tabla 4.4 de la norma (Ver Anexo), se debe considerar calibre y resistencia del material. (CPE INEN 019, 2001).

### **2.8.1 Tipos de luminarias y cableado**

Estos elementos conductores pueden ser de diferentes materiales como de aluminio y cobre los cuales se representan en las siguientes características:

Cobre: debido a su baja resistencia tienen alta conductividad eléctrica, presentan resistencia a la corrosión lo que permite tener conductividad a lo largo del tiempo sin importar los diversos tipos de ambientes. En la figura 18 se detalla los diversos calibres y sus respectivos usos. (Jiménez, 2019).

En la figura 19 se puede apreciar los diferentes tipos y calibres de los conductores de cobre.



### Tabla de color de cables ▶

Color del cable		Función
	Blanco	Cable neutral con corriente sin voltaje.
	Negro	Cable caliente. Corriente alto voltaje.
	Rojo	Cable caliente. Corriente alto voltaje.
	Blanco, marcas negras	Cable caliente. Corriente alto voltaje.
	Green	Sirve como ruta a tierra.
	Alambre de cobre sin cubierta	Sirve como ruta a tierra.

**Figura 18 Tipos de Colores de conductores de cobre**  
Fuente: (Instalaciones Eléctricas Residenciales, 2022).

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cobre	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

**Figura 19 Amperajes y Calibres de conductores de cobre**  
Fuente: (Construyendo.co, 2021).

Aluminio: por sus propiedades físicas y químicas es más ligero que el cobre, permitiendo su manipulación reduciendo el peso en las estructuras

donde se instalan, llega a tener una conductividad equivalente aproximadamente de 60% del conductor de cobre, también es un material dúctil lo que permite moldear fácilmente en diferentes formas. (Sandoval Monroy, 2021)

Estos conductores tienen diferentes aplicaciones comunes como son: líneas aéreas de transmisión, cables subterráneos, industria ferroviaria, electrodomésticos y electrónica; también tiene un impacto ambiental en la extracción minera y en la reciclabilidad. En la siguiente figura 20 se puede apreciar los diferentes diámetros de estos conductores con sus diferentes equivalencias con los de material de cobre (Robledo Benítez, 2021).

Designación	Sección mm <sup>2</sup>		Equivalencia En Cobre mm <sup>2</sup>	Diámetro mm		Composición				Carga de Rotura DaN	Resistencia eléctrica a 20°C Ω/km	Masa kg/km	Módulo de elasticidad daN/mm <sup>2</sup>	Coeficiente de dilatación lineal °Cx10 <sup>-6</sup>
	Aluminio	Total		Acero	Total	Alambres de aluminio		Alambres de acero						
						Nº	Diámetro mm	Nº	Diámetro mm					
LA 110	94,2	116,2	60	6,00	14,00	30	2,00	7	2,00	4310	0,3066	433	8000	17,8
LA 180	147,3	181,6	93	7,50	17,50	30	2,50	7	2,50	6390	0,1962	676	8000	17,8
LA 280 (Hawk)	241,7	281,1	152	8,04	21,80	26	3,44	7	2,68	8450	0,1194	977	7500	18,9
LA 380 (Gull)	337,3	381,0	212	8,46	25,38	54	2,82	7	2,82	10650	0,0857	1275	6900	19,3
LA 455 (Condor)	402,3	454,5	253	9,24	27,72	54	3,08	7	3,08	12400	0,0718	1521	6900	19,3
LA 545 (Cardinal)	484,5	547,3	305	10,14	30,42	54	3,38	7	3,380	14850	0,0596	1832	6900	19,3

*Figura 20 Conductores de Aluminio*

*Fuente: (Ingeniería de Máquinas y Sistemas Eléctricos, 2020).*

## 2.9 Líneas preensambladas

### 2.9.1. Puestas a tierra

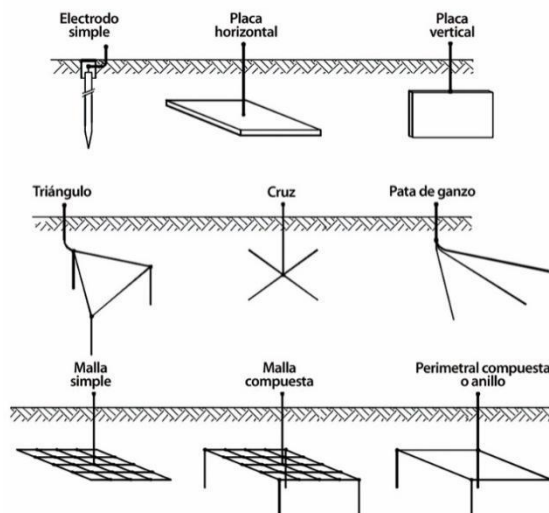
Son un sistema de seguridad eléctrica los cuales ayudan a proteger a las personas y equipos de descargas eléctricas y sobrecargas, con esto si se llega a presentar un fallo eléctrico (cortocircuito) la corriente fluye hacia la tierra en lugar de pasar por el cuerpo humano o dañar los equipos eléctricos. (Villca, 2023)

También contribuyen a mantener niveles de tensión estables en el sistema eléctrico, evitando así fluctuaciones dañinas, logra mejorar el rendimiento de los equipos al proporcionar un camino de referencias para las señales eléctricas (Fernández, 2023).

Existen algunos tipos de puesta a tierra muy comunes como son:

- Puesta a tierra funcional: utilizados para asegurar los equipos eléctricos, estos se conectan a las partes metálicas no energizadas para evitar que se electrifiquen.
- Puesta a tierra de protección: diseñadas para proteger contra descargas eléctricas accidentales, se conectan a los dispositivos como interruptores automáticos para desactivar el suministro en caso de falla.
- Puesta a tierra estructural: usado para conectar estructuras metálicas (torres o edificios) a tierra, logra proteger tanto a la estructura como a personas si se encuentran cerca durante tormentas eléctricas.
- Puesta tierra por diferencial: utiliza dispositivos diferenciales que detectan diferencias entre la corriente de entrada y de salida. (Chiriboga Lugo, 2021)

En la figura 21 se puede apreciar algunos ejemplos de Sistema Puesta a tierra.



**Figura 21 Sistema Puesta a Tierra**  
**Fuente: (Fariña, 2024).**

## 2.10 Soldaduras exotérmicas

Se debe a un proceso de reacción química, en el cual se genera calor logrando una conexión eléctrica segura y duradera en conductores eléctricos o conexiones a tierra, el proceso de la soldadura exotérmica tiene como ventaja: resistencia a la corrosión, bajo mantenimiento y no requiere equipos caros (Jaya, 2019).

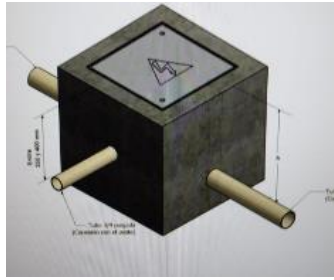


*Figura 22 Soldadura Exotérmica*  
*Fuente: (Sunlight, 2021).*

Se aplican comúnmente en conexiones eléctricas, en tomas a tierra e instalaciones industriales. Dentro de las consideraciones de seguridad, se toma en cuenta la temperatura generada, durante el proceso se debe usar equipos de protección personal y áreas bien ventiladas para la acumulación de gases peligrosos, en la figura 22 se aprecia el modo de empleo de la soldadura exotérmica (Lupera Alvario & Cobos Ordoñez, 2020)

## 2.11 Cajas de paso y Ductos

Son dispositivos utilizados para alojar conexiones eléctricas, empalmes y derivaciones en un sistema eléctrico, siendo su principal función proporcionar un acceso seguro para realizar modificaciones o reparaciones, en la figura 23 se aprecia la forma de las cajas y ductos. El material del que están hechos son, de plásticos o metal dependiendo del uso y del entorno donde se instalen (Sánchez Juárez, 2019).



*Figura 23 Cajas y Ductos.*

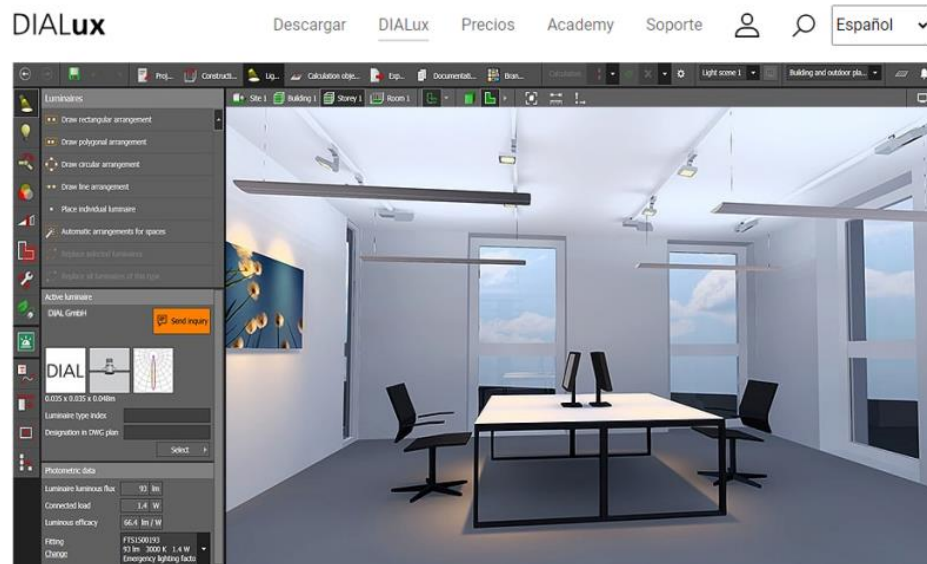
Tienen impermeabilidad diseñadas para ser resistentes al agua, lo que es crucial en las instalaciones al aire libre o en ambientes húmedos. Estas cajas pueden ser rectangulares, redondas y flexibles. Se pueden colocar en paredes o techos (Farinango Guaña, 2023).

## Capítulo III

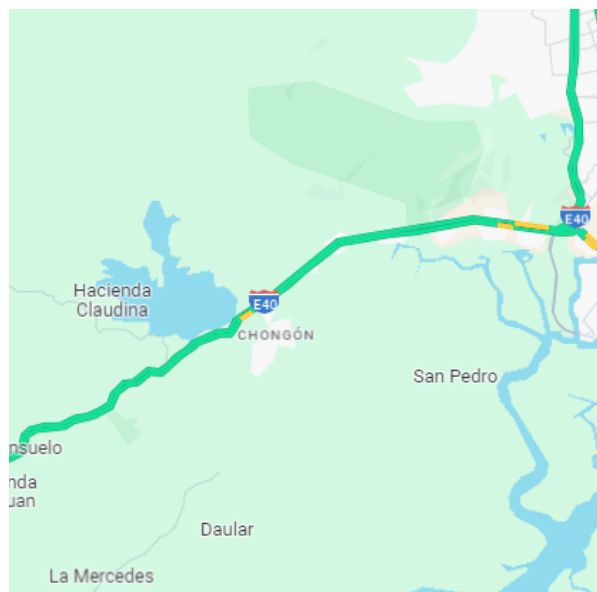
### Desarrollo del Proyecto

#### 3.1 Herramientas tecnológicas

Para este análisis se propone usar la herramienta tecnológica DIALUX, el cual es un software para modelar el diseño de iluminación tanto de interiores como de exteriores, adicionalmente se emplea para medir los luxes emitidas por las luminarias, como se aprecia en la figura 24 (DIALUX, 2020).



**Figura 24** Software DIALUX  
**Fuente:** (DIALUX, 2020).



**Figura 25** Ubicación del Km 4 hasta el Km 25  
**Fuente:** Google Maps.

El siguiente análisis se centra en la recopilación de datos de la carretera, aproximadamente comprendido por 20 kilómetros en la vía de a la Costa en una carretera bilateral; analizando desde los recursos que forman parte de la instalación de alumbrado eléctrico durante las horas de empleo de toda la red en toda la carretera. El cual se ubica en la ciudad de Guayaquil desde el kilómetro 4 hasta el kilómetro 25, como se aprecia en la figura 25.

También se toma en consideración las estaciones climáticas durante el año, siendo estas las estaciones de invierno y verano; la estación de invierno durante los meses de diciembre hasta abril y la estación de verano los meses de mayo hasta octubre en la ciudad de Guayaquil.

### **3.2 Alcance de la Propuesta**

Presentar opción técnica viable, para mejorar la iluminación de las bombillas presentes en el tramo de la Vía a Costa en sentido Guayaquil – Salinas y viceversa alrededor de 20 kilómetros lineales, adicional previniendo daños en las estructuras de las luminarias y postes en todo el trayecto del proyecto. Ya que los puntos críticos detectados corresponden a:

- Primer punto crítico: La altura de los árboles tipo ficus que llegan a tocar las líneas del circuito del alumbrado, produciendo contacto entre ellas y por ende el cortocircuito.
- Segundo punto crítico: La fuerza del viento también hace que choquen las líneas eléctricas.
- Tercer punto crítico: Posibles inundaciones, pero esto podría tomarse en cuenta en el circuito soterrado donde se podría determinar aquellas conexiones en cajas de paso que usan conectores múltiples subterráneos para baja tensión.

Se considera que las luminarias trabajan desde las 18h00 hasta las 07h00 siendo 13 horas continuas las cuales pasan encendidas, tiempo en el cual las mismas no reciben el reflejo de las ondas solares, con esto se

logra proveer iluminación a cientos de ciudadelas, centros comerciales y empresas industriales que se encuentran en 20 kilómetros lineales en ambos sentidos.

### **3.3 Diseño de Propuesta**

Se plantea proponer realizar cambios en la red del alumbrado público, cambiar los cables que se encuentran de forma aérea por cables tipo preensamblado e instalarlo de forma soterrada, adicional cambiar las luminarias de sodio por luminarias tipo LED. En la propuesta se considera elementos tales: Luminarias LED, transformadores, cables, tensor y puestas a tierras.

Para identificar la cantidad de luminarias, se utilizaron las Especificaciones Técnicas de Materiales y Equipos del Sistema de Distribución del (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

Los postes circulares se obtienen de la norma de Especificaciones Técnicas Mano de Obra y de las Especificaciones y Condiciones de Cumplimiento de dicha institución estatal en concordancia con (Corporación Nacional de Electricidad, 2021).

Las luminarias se calcularon en el Dialux, este recurso es una completa herramienta de planificación que contiene todas las funciones necesarias para el diseño profesional de la iluminación; donde los datos a introducir son:

- Cálculo para identificar la clase de vía, luego, Clase de Iluminación M2 (Vía a la costa).
- Descripción de las condiciones de vía, características de la superficie R3.
- Parámetros fotométricos para vías con tráfico motorizado clase M2.
- El siguiente paso de acuerdo a la norma es revisar la sección 4



sobre las consideraciones para simulación de luminarias tipo LED M1- M3 (tipo de vías) para el desarrollo de este estudio corresponde la vía M2.

Los pasos antes descritos, corresponde al proceso ejecutado en el DIALUX, que actualmente son 4 pasos cada uno con la normativa AERCERNR. A continuación, en la Tabla 1 detalla la cantidad de elementos para la realización de este proyecto.

**Tabla 1**

*Descripción de materiales de alumbrado propuesto*

<b>PROYECTO</b>			
<b>N.º</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
1	Luminaria LED de 240W-Led a instalar	1.045	unidad
2	Poste circular de Hormigón de 18 mts-600Kg a instalar	1.045	unidad
3	Cable de Alumbrado Pre ensamblada T2x35(50) mm <sup>2</sup> a correr	45.000	unidad
4	Tensor tipo farol en baja tensión a instalar	140	unidad
5	Transformador Auto protegido 15 KVA a instalar	35	unidad
6	Puesta a Tierra a instalar	70	unidad

Nota: Tomado de (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

En la Tabla 2 se resumen los costos de los materiales que se emplean en toda la implementación del proyecto.

**Tabla 2**

*Costo de Materiales de Proyecto*

<b>A</b>	<b>SUB-TOTAL MATERIALES (1)</b>	<b>\$ 1.680.322,00</b>
----------	---------------------------------	----------------------------

Nota: Tomado de (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

En el Anexo 5 se puede apreciar los elementos de la Tabla 2 con sus respectivos costos. Dentro de la propuesta de cambio se considera la mano de obra por el cual se considera como Mano de Obra de Instalación, como se aprecia en la siguiente tabla 3, en el cual se considera todas las instalaciones de tensores, excavaciones, izados de postes dando un total de **\$167.908,50 USD**. A continuación, se detalla:

**Tabla 3**

*Costo de Materiales de Proyecto*

<b>MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE MATERIALES</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO U.</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	Instalación de luminaria tipo led, con brazo para montaje en poste para vías tipo m1 - m2 desde 230w hasta 290w, 208 a 240v (con carro canasta)	1045	c/u	\$ 27,97	\$ 29.228,65
2	Excavación para postes terreno normal	1045	c/u	\$ 27,69	\$ 28.936,05
3	Excavación para anclas terreno normal	140	c/u	\$ 20,15	\$ 2.821,00
4	Izado de postes hormigón armado de 18 m, con grúa	1045	poste	\$ 49,62	\$ 51.852,90
5	Estructura red pre ensamblada tipo ipr3 (retención o terminal, con 3 conductores)	250	c/u	\$ 29,28	\$ 7.320,00
6	Estructura red pre ensamblada tipo ipp3 (pasante o tangente con 3 conductores)	910	c/u	\$ 22,29	\$ 20.283,90
7	Tendido y regulado de cable pre ensamblado 2X35+1X50 mm, 1/0	45	km	\$ 409,65	\$ 18.434,25
8	Instalación de tensores, farol simple (instalación. Cable tensor y accesorios)	140	c/u	\$ 31,49	\$ 4.408,60
9	Instalación. De transformador Monofásico. Sec. Bajante y p. Tierra (hasta 25 Kw)	35	c/u	\$ 81,31	\$ 2.845,85
10	Instalación de puesta a tierra	70	c/u	\$ 25,39	\$ 1.777,30
<b>SUB-TOTAL MANO DE OBRA INSTALACIÓN (2.1)</b>					<b>\$ 167.908,50</b>

Nota: Tomado de (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

A continuación, se presenta la mano de obra de las luminarias con sus respectivos postes, como se evidencia en la siguiente Tabla 4, con un costo de \$36.495,30.

**Tabla 4**

*Costo de Mano de Obra a Retirar Material Presente*

<b>2.2 MANO DE OBRA DE RETIRO DE MATERIAL</b>					
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN MOD</b>	<b>CANT.</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>1</b>	Retiro de luminarias 400w (carro canasta)	320	c/u	\$ 39,61	\$ 12.675,20
<b>2</b>	Retiro de poste ha. de 18 m, con grúa	290	Poste	\$ 31,46	\$ 9.123,40
<b>3</b>	Retiro de conductor # 2 awg.	40	Km	\$ 169,21	\$ 6.768,40
<b>4</b>	Estructura tipo 1er a retirar	125	c/u	\$ 15,16	\$ 1.895,00
<b>5</b>	Estructura tipo 1ep a retirar	455	c/u	\$ 13,26	\$ 6.033,30
<b>SUB-TOTAL MANO DE OBRA RETIRO (2.2)</b>					<b>\$ 36.495,30</b>

Nota: Tomado de (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

Considerando todas las manos de obra se realiza un subtotal como se evidencia en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Subtotal de Mano de Obra*

<b>SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA (2)</b>	<b>\$ 204.403,80</b>
--------------------------------------	----------------------

Nota: Tomado de (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

Dentro de los costos de Proyecto se considera el transporte de materiales como poste a colocar y a retirar los cuales se evidencia en la Tabla 6, dando un total de \$51.009,10 USD.

**Tabla 6***Costo de Transporte de Poste*

TRANSPORTE DE MATERIAL					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN M.O.	CANT.	UNIDAD	P. UNIT.	PRECIO TOTAL
1	Carga, transporte y descarga de postes ha. 15 a 18 m	1045	C/u	\$ 41,60	\$ 43.472,00
2	Carga, transporte y descarga de postes ha. 15 a 18 m a retirar	290	C/u	\$ 25,99	\$ 7.537,10
<b>SUB-TOTAL TRANSPORTE (C)</b>					<b>\$ 51.009,10</b>

Nota: Tomado de (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

Considerando los costos entre mano de obra y transporte da un total de \$1.935.734,90 lo cual se evidencia en la Tabla 7.

**Tabla 7***Subtotal de Proyecto*

SUBTOTAL MATERIAL Y M.O. (A+B)	\$ 1.884.725,80
SUBTOTAL TRANSPORTE (C.)	\$ 51.009,10
<b>SUBTOTAL DE PROYECTO</b>	<b>\$1.935.734,90</b>

Dentro del proyecto se considera rubros como el 5% de Administración y el IVA (impuesto al valor agregado), dichos valores se reflejan en la siguiente tabla.

**Tabla 8***Costo Total de Proyecto*

SUBTOTAL PROYECTO	\$ 1.935.734,90
5% Administración	\$ 96.786,75
7% Fiscalización	\$ 135.501,44
IVA (15% de subtotal)	\$ 317.552,10
<b>TOTAL, PROYECTO</b>	<b>\$ 2.485.575,19</b>

**3.4. Situación actual de alumbrado público**

A lo largo del tramo de la carretera Vía a la Costa en sentido Guayaquil-

Salinas y viceversa, se detecta 320 poste de Hormigón Circular de 18 metros de longitud los cuales se encuentran instalados con una Luminaria de Sodio de 400 Watts (W) de Potencia cada poste, dando un total de 320 Luminarias; tomando en cuenta que cada uno de los postes se encuentran separados por una distancia de 80 m, como se puede apreciar en la figura 26.



*Figura 26 Poste con Luminarias de Sodio en Vía a la Costa.*

Se resalta que en el año 2023 se realizó un cambio de 365 luminarias por calidad de estas, pero se mantuvo las especificaciones de Luminarias de Sodio por cuestión de costo. En la siguiente tabla 9 se detalla la cantidad de luminarias con sus respectivos postes que se encuentran instalados.

**Tabla 9**

*Descripción de alumbrado existente*

<b>UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAQUIL</b>			
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
1	Luminaria Sodio de 400 W	320	Unidad
2	Poste de Hormigón Circular de 18 m. 600 Kg	320	Unidad
3	Cable de Alumbrado de Línea abierta conductor #2 AWG	40.000	metros

### 3.4.1. Especificaciones técnicas Luminarias de Sodio

En el desarrollo del análisis se encontraron en toda la vía en ambas direcciones la cantidad de 320 unidad de luminarias con su respectiva bombilla de Sodio de 400 W, las especificaciones de las bombillas las cuales se detallan en la siguiente Tabla 10 y en la Figura 27 se evidencia las lámparas de Sodio.



*Figura 27 Luminarias de Sodio de 400 W.*

Se considera la instalación de las Bombillas en Luminarias, el cual es el cuerpo que sostiene y conecta a tierra por medio de poste de luz los cuales se encuentran instalados a una distancia de 80 metros.

**Tabla 10**

*Especificaciones Técnicas de Bombillas de Sodio de 400 W*

<b>Características</b>	<b>Parámetros</b>
Potencia	400 Watts
Temperatura de color	1626.85 °C - 1826.85 °C
Índice de rendimiento de color mínimo	22
Vida promedio	24.000 horas
Flujo Luminoso	50.000 Lm
Factor de Potencia	Alto
Voltaje	240 V
Frecuencia	60 Hz
Boquilla	E-40
Forma	Tubular

Fuente: (General Electrics, 2019).

Estas luminarias se fabrican en material de aluminio cubierto con pintura poliéster, el cual permite la corrosión del portalámparas dando un reflejo óptico de tonalidad idónea en su lugar de instalación.

Las especificaciones de detalla en la Tabla 11 se puede observar la luminaria con mayor precisión.

**Tabla 11**

*Especificaciones Técnicas de Luminarias*

<b>Características</b>	<b>Vapor de Sodio Alta Presión</b>
Vida Útil (horas)	24.000
Eficacia (lm/W)	45 -150
Mantenimiento de Lúmenes	Bueno
Temperatura de color (C°)	1.627C°- 1.927C°
Calor para disipar	37%
Encendido (minutos)	3 – 5
Reencendido (minutos)	1

Fuente: (General Electrics, 2019).

Con base a este preámbulo y en cumplimiento del objetivo número 2 de esta investigación, se procede a detallar el consumo energético de estas luminarias detectadas en la vía, objeto de este proyecto.

El consumo energético de una luminaria de 400 watts de Na en un día, mes y año que está encendida 13 horas presenta las siguientes nomenclaturas:

1. *Consumo energético diario (Edía):*

$$E_{día} = P \times t$$

Donde:

a) Edía es el consumo energético diario en kilovatios-hora (kWh).

b) P es la potencia de la luminaria en kilovatios (kW).

$$P = 400W = 0.4kW.$$

c)  $t$  es el tiempo de operación en horas por día  $t = 13h$ .

Sustituyendo los valores:

$$E_{\text{día}} = 0.4\text{kW} \times 13h = 5.2 \text{ kWh/día}$$

2. *Consumo energético mensual (Emes):*

$$E_{\text{mes}} = E_{\text{día}} \times d_{\text{mes}}$$

Donde:

a)  $E_{\text{mes}}$  es el consumo energético mensual en kilovatios-hora (kWh).

b)  $d_{\text{mes}}$  es el número de días en un mes.  $d_{\text{mes}} = 30$  días (asumiendo un mes de 30 días)

Sustituyendo los valores:

$$E_{\text{mes}} = 5.2\text{kWh/día} \times 30 \text{ días} = 156\text{kWh/mes}$$

3. *Consumo energético anual (Eaño):*

$$E_{\text{año}} = E_{\text{día}} \times d_{\text{año}}$$

Donde:

a)  $E_{\text{año}}$  es el consumo energético anual en kilovatios-hora(kWh).

b)  $d_{\text{año}}$  es el número de días en un año.  $d_{\text{año}}=365$  días. El resultado sería:

$$E_{\text{año}}= 5.2\text{kwh/día} \times 365 \text{ días} = 1898\text{kwh/año}$$

Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

○ Consumo diario:

$$\text{Consumo diario}=0.4\text{watts} \times 13\text{horas}=5200\text{watts-hora}=5.2\text{kWh}$$



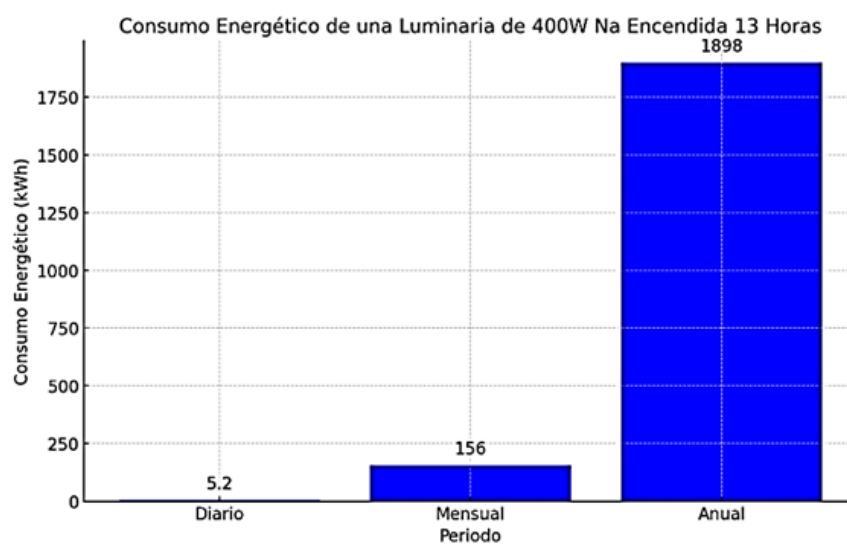
- Consumo mensual:

$$\text{Consumo mensual} = 5.2 \text{ kWh/día} \times 30 \text{ días} = 156 \text{ kWh}$$

- Consumo anual:

$$\text{Consumo anual} = 5.2 \text{ kWh/día} \times 365 \text{ días} = 1898 \text{ kWh}$$

Su representación mediante gráficos estadístico de la Luminaria 400 watts de Na se muestra a continuación:



*Gráfico 1 Luminaria 400 watts de Na*



*Figura 28 Luminaria Na de 400 watts.*

El consumo energético de una luminaria led de 240 watts en un día, mes y año que está encendida 13 horas, Las nomenclaturas son:

- Consumo energético diario (Edía):

$$E_{\text{día}} = P \times t$$

Donde:

- Edía es el consumo energético diario en kilovatios-hora (kWh).
- P es la potencia de la luminaria en kilovatios (kW).  $P = 240\text{W} = 0.24\text{ kW}$ .
- t es el tiempo de operación en horas por día  $t = 13\text{h}$

Sustituyendo los valores:

$$E_{\text{día}} = 0.24\text{ kW} \times 13\text{h} = 3.12\text{ kWh/día.}$$

- Consumo energético mensual (Emes):

$$E_{\text{mes}} = E_{\text{día}} \times d_{\text{mes}}$$

Donde:

- Emes es el consumo energético mensual en kilovatios-hora (kWh).
- dmes es el número de días en un mes.  $d_{\text{mes}} = 30\text{ días}$  (asumiendo un mes de 30 días)

Sustituyendo los valores:

$$E_{\text{mes}} = 3.12\text{ kWh/día} \times 30\text{ días} = 93.6\text{ kWh/mes}$$

- Consumo energético anual (Eaño):

$$E_{\text{año}} = E_{\text{día}} \times \text{d año}$$

Donde:

- Eaño es el consumo energético anual en kilovatios-hora(kWh)-

- Daño es el número de días en un año. daño=365 días. El resultado sería:

$$\text{Eaño} = 3.12 \text{ kWh/día} \times 365 \text{ días} = 1138.8 \text{ kWh/año.}$$

Cuyo cálculo se realiza de la siguiente manera:

- Consumo diario:

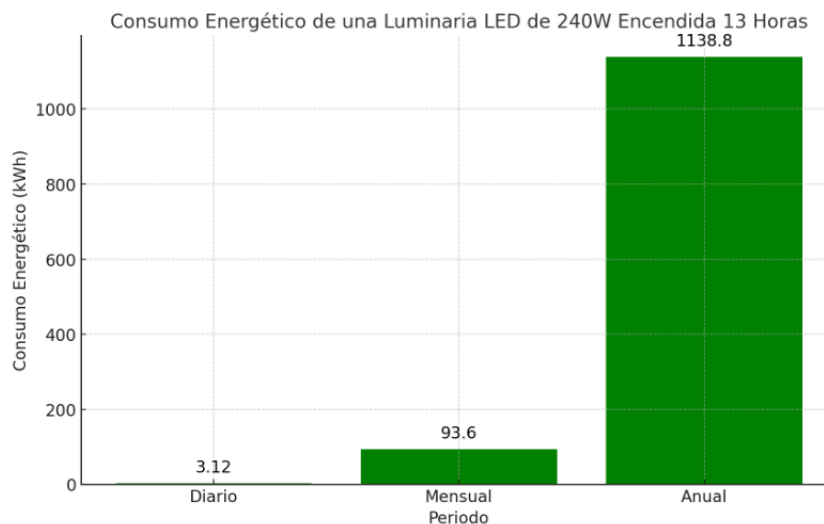
$$\text{Consumo diario} = 240 \text{ watts} \times 13 \text{ horas} = 3120 \text{ watts-hora} = 3.12 \text{ kWh.}$$

- Consumo mensual:

$$\text{Consumo mensual} = 3.12 \text{ kWh/día} \times 30 \text{ días} = 93.6 \text{ kWh.}$$

- Consumo anual:

$$\text{Consumo anual} = 3.12 \text{ kWh/día} \times 365 \text{ días} = 1138.8 \text{ kWh.}$$



*Gráfico 2 Luminaria 400 watts de Na.*

Los datos realizados anteriormente se reflejan en el gráfico 2, donde se evidencia que el consumo anual de una luminaria LED 240 W encendida en 13 horas asciende a 1138.8 kWh.



*Figura 29 Luminaria led de 240 watts.*

El cambio de luminarias de 400w Na a led 240 w en la vía a la costa da un ahorro de 760 kWh anualmente dando un beneficio económico al Estado ya que nos encontramos en una etapa de racionamiento energético.

### **Postes circulares de hormigón**

Empleados para soportes de instalaciones eléctricas aéreas deben estar dentro de lo que indica la Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1965-1). (NTE INEN 1965-1, 2018).

La posición horizontal de hormigón armado se aprecia en la sección de anexos 2 en cual la NTE INEN 965-1 en el cual se detalla información como longitud de empotramiento, longitud de útil, carga de trabajo y la flecha máxima del 4% de la carga de trabajo de los postes.

Como se detalla en la Tabla 12 en función de la longitud de 18 metros con una fuerza de 600 Kilogramos Fuerzas (kgf).

**Tabla 12**

*Requisitos a Flexión de postes circulares de hormigón armado*

<b>Carga de rotura horizontal mínima a la flexión (kgf)</b>	<b>Altura del Poste (m)</b>	<b>Longitud de empotramiento (m)</b>	<b>Longitud útil (m)</b>	<b>Carga de trabajo (50% de la carga a rotura) (kgf)</b>	<b>Flecha máxima a la carga trabajo de 4% de longitud útil (m)</b>
600	18	2,30	15,70	300	628

Fuente: (NTE INEN 1965-1, 2018)

Se debe tener en cuenta la Toma a Tierra lo cual se considera a la altura de la ventana superior rectangular e inferior con las siguientes dimensiones 25 mm x 80 mm, como se aprecia en el Anexo 4. En la longitud de empotramiento se conoce como la distancia entre la base y la sección de empotramiento lo cual se conoce momento flector, la cual se presenta en la siguiente ecuación 7 y en la Figura 30 se evidencia un poste empotrado.

#### **Ecuación 7 Longitud de empotramiento de muros**

$$L_1 = \frac{L}{10} + 0,5$$

Fuente: (NTE INEN 1965-1, 2018).

Donde:

L= longitud del poste

L1=Longitud de empotramiento

0,5= Factor de Empotramiento



*Figura 30 Poste de Hormigón armado de 18 metros*

### 3.5.3 Conductor de Aluminio 2 AWG

En sitio se encuentran 40 kilómetros de cable de aluminio de 2 AWG con las siguientes especificaciones que se aprecian en la siguiente figura 31.

CONDUCTORES DE ALUMINIO DESNUDOS														
Conductores de aluminio-acero (LA) UNE 21018														
DENOMINACION	EQUIVALENCIA COBRE mm <sup>2</sup>	COMPOSICION				SECCION		DIAMETRO		CARGA DE	RESIST.	PESO APROX. DEL CABLE		
		ALUMINIO		ACERO		mm <sup>2</sup>		EXT. APROX. mm		ROTURA	ELECT. MAX	kg/km		
		n	Diam. (mm)	n	Diam. (mm)	Aluminio	Total	Total	Alma	kgf		Total	Aluminio	Acero
LA 30	16,9	6	2,38	1	2,38	26,69	31,14	7,14	2,38	1.010	1,0750	107,9	73,2	34,7
LA 56	29,7	6	3,15	1	3,15	46,76	54,55	9,45	3,15	1.670	0,6137	189,0	128,2	60,8
LA 78	42,7	6	3,78	1	3,78	67,33	78,55	11,34	3,78	2.360	0,4261	272,1	184,6	87,5
LA 110	59,4	30	2,00	7	2,00	94,25	116,24	14,00	6,00	4.400	0,3066	432,5	260,2	172,3
LA 145	75,1	30	2,25	7	2,25	119,28	147,11	15,75	6,75	5.520	0,2423	547,3	329,2	218,1
LA 180	92,7	30	2,50	7	2,50	147,26	181,62	17,50	7,50	6.520	0,1962	675,7	406,5	269,2
LA 280	151,9	26	3,44	7	2,68	241,65	281,13	21,80	8,04	8.620	0,1198	975,9	666,5	309,4
LA 380	212,3	54	2,82	7	2,82	337,27	380,99	25,38	8,46	10.870	0,0857	1.274,0	931,4	342,6
LA 455	253,3	54	3,08	7	3,08	402,33	454,49	27,72	9,24	12.650	0,0718	1.519,7	111,0	408,7
LA 545	305,1	54	3,38	7	3,38	484,53	547,33	30,42	10,14	15.150	0,0597	1.830,2	1.338,0	492,2
LA 635	355,7	54	3,65	10	2,19	565,03	636,60	32,85	10,95	17.850	0,0512	2.128,6	1.560,4	568,2

**Figura 31 Cable de Aluminio de 2 AWG**  
Fuente: (Silext, 2021).

La imagen refleja lo que corresponde a una tabla con especificaciones técnicas para conductores de aluminio desnudos, específicamente los conductores de aluminio-acero (LA), de acuerdo a la norma UNE 21018. A continuación, se expone mediante un desglose su interpretación:

- Denominación: Indica el tipo de conductor (LA 30, LA 95, etc.).
- Equivalente en cobre (mm<sup>2</sup>): Muestra la sección equivalente en cobre que corresponde al conductor de aluminio.
- Composición (Aluminio/Acero): es la medida del conductor en su parte exterior (diámetro), tanto del aluminio y acero del mismo.
- Diámetro (mm): El diámetro exterior aproximado del conductor, tanto del alma de acero como del conductor total.
- Peso aproximado del cable (kg/km): El peso aproximado por kilómetro del conductor, desglosado en el peso de los hilos de

aluminio y acero, así como el peso total.

Con base en esta tabla, fue posible seleccionar el tipo de conductor adecuado en función de los requisitos de instalación, como la resistencia mecánica y eléctrica, el peso, y la capacidad de carga.

## Capítulo IV

### Conclusión y Recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

- El análisis ha revelado que la actual red de alumbrado público aéreo en el parterre central de la vía a la costa, desde el Km 4 hasta el Km 25, presenta puntos críticos, especialmente cuando llega la temporada invernal. Estos problemas son causados principalmente por la interferencia de la vegetación con las líneas aéreas, lo que genera daños recurrentes y afecta la continuidad del servicio eléctrico de la comunidad aledaña. La transición a un sistema de redes soterradas mitigará significativamente estos riesgos, asegurando una mayor confiabilidad y durabilidad de la infraestructura eléctrica. A este aspecto se la ha denominado como Identificación y Mitigación de Riesgos Críticos.
- Así mismo, con el estudio comparativo entre las luminarias de sodio actuales y las luminarias LED propuestas queda demostrado que las LED no solo son más eficientes en términos de consumo energético, sino que también ofrecen una mejor calidad de iluminación. De tal manera que mejorar la eficiencia luminosa es esencial para alcanzar los objetivos de ahorro energético en la red de alumbrado público. Este aspecto se denomina, Mejora en la Eficiencia Energética y Luminosa.
- Con respecto a la evaluación financiera del proyecto, gracias a la investigación realizada se determinó que el costo de implementación del sistema soterrado asciende a \$2,485,575.19, cuyo retorno de inversión proyectado es de 3 años. Esta inversión se sustenta en los beneficios a largo plazo en términos de reducción de costos operativos, mantenimiento y consumo de energía, lo que subraya la viabilidad económica del proyecto. Dicho en otras palabras, se ha determinado la Viabilidad Económica del Proyecto.



- Consecuentemente, el cambio de luminarias de sodio a luminarias LED no solo contribuye a la eficiencia energética, sino que también reduce la huella ambiental del sistema de alumbrado público. Por lo tanto, este avance es coherente con los objetivos globales de sostenibilidad y demuestra un compromiso con la adopción de tecnologías más limpias y respetuosas con el medio ambiente. Lo cual hoy en día se conoce como Contribución a la Sostenibilidad Ambiental.

#### **4.2. Recomendaciones**

La importancia de la implementación de Indicadores de Desempeño Energético, permiten establecer un sistema de monitoreo con el cual se incluye indicadores claves orientados al desempeño (KPI) para las luminarias LED. Estos indicadores deben enfocarse en el consumo energético y la eficiencia luminosa, lo que permitirá una evaluación continua del desempeño del sistema y facilitará la identificación de áreas de mejora.

Una correcta Planificación y Coordinación con Partes relacionada en este proceso es crucial, pues la finalidad es desarrollar un plan de comunicación y coordinación efectiva en el marco industrial, comercial y residencial con los usuarios afectados por la problemática detectada en este proyecto. La colaboración activa es vital para minimizar las interrupciones durante la fase de implementación y asegurar la aceptación del proyecto.

Así mismo el desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo contribuirá en la maximización de la vida útil de la nueva infraestructura soterrada, donde se deberá diseñar e implementar el mantenimiento preventivo que incluya inspecciones regulares y acciones correctivas para prevenir posibles fallas, garantizando así la continuidad y eficiencia del servicio de alumbrado.

Los puntos críticos, deben ser analizados antes de realizar un diseño de

este tipo, debido a que los mismos pueden causar daños temporales afectando la continuidad de un alumbrado público eficiente.

Finalmente, la evaluación y ajuste continuo del proyecto posterior a su implementación, logrará cumplir el objetivo de ajustar cualquier aspecto técnico o financiero según sea necesario. Recordando que estas evaluaciones deben basarse en los datos recolectados a través de los indicadores de desempeño y la retroalimentación de las partes interesadas, así como los datos proporcionados en este estudio.

Por lo antes expuesto y para finalizar con la presente investigación se destaca que el proyecto no solo aborda los aspectos técnicos y financieros del cambio de redes aéreas a soterradas, sino que también evidencia que el proyecto es sostenible, eficiente y será acogido por la comunidad.

## Bibliografía

- Agreda, B. F. (2021). *EL TRANSFORMADOR*.
- Almachi, J. M., & Morán, J. J. (Febrero de 2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO SOBRE GENERACIÓN, TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA*. Obtenido de CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7953/1/UTC-PIM-000379.pdf
- Álvarez Castañeda, J. L. (2019). *Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Aragundi, R. X. (2021). *Revisión Crítica sobre Tendencias en Transformadores Trifásicos de Potencia con Aislación en Gas*. Dominio de las Ciencias.
- Arias Gonzáles, J. L. (2020). *Métodos de investigación online: herramientas digitales para recolectar datos*.
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). *Diseño y metodología de la investigación. Enfoques Consulting EIRL*, 66-78.
- Arias, F. L. (29 de Noviembre de 2022). *Instalaciones de medida a baja tensión en hotel comitan en*. Recuperado el 25 de noviembre de 2023, de Universidad Antonio Nariño: [http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7497/2/2023\\_FreddyEliseoL%c3%b3pezArias.pdf](http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7497/2/2023_FreddyEliseoL%c3%b3pezArias.pdf)
- Arias, Y., González, P., & Álvarez, L. (23 de febrero de 2023). *Análisis de días con tormentas eléctricas*. Obtenido de Revista Cubana de Metereologia: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/699/1387>
- Arteaga Maldonado, T. A., & Alberto, S. G. (2019). *Análisis de circuitos eléctricos con frecuencia variable*. Guayaquil: UPS.

AUDAX. (2023). AUDAX. Obtenido de AUDAX:  
<https://www.audax.com.pe/transformador-monofasico/>

Barrera Rea, J. A. (2024). *Diseño Instruccional de practicas experimentales simuladas en E-LEARNING para consolidar el Aprendizaje de corriente eléctrica y circuitos eléctricos en estudiantes de Bachillerato*. Guayaquil: ESPOL . FCNM.

Bedoya, V. H. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu emprendedor TES*, 65-76.

Bocanegra, S. Y., Montoya, O. D., & Molina-Cabrera, A. (2020). Estimación de parámetros en transformadores monofásicos empleando medidas de tensión y corriente. *Revista UIS Ingenierías*, págs. 63-75.

Caiza Inte, Á. J. (03 de 2022). Evaluación de la red eléctrica subterránea en media y baja tensión del sistema de transformación para el alumbrado público de la “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur” localizado en el cantón Salcedo. *Evaluación de la red eléctrica subterránea en media y baja tensión del sistema de transformación para el alumbrado público de la “Urbanización Consorcio Habitacional Colinas del Sur” localizado en el cantón Salcedo*. Cotopaxi, Ecuador .

Caiza Jami, R. I. (2019). *Análisis de la pendiente de operación del relé diferencial frente a fallas trifásicas en régimen permanente, aplicado a un banco de transformadores trifásicos*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).

Chiriboga Lugo, B. F. (2021). *Determinación de un modelo biestratificado a utilizarse en proyectos eléctricos para las puestas a tierra de transformadores de distribución y cámaras eléctricas mediante el uso de un software computacional*.

CNEL. (2017). *Instructivo para Mantenimiento del Sistema de Alumbrado Público*. Quito.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. (2020). APARTARRAYOS. Obtenido de COORDINACIÓN DE DISTRIBUCIÓN [Fotografía]:  
<https://calidadtesla.files.wordpress.com/2014/06/capitulo-07.pdf>

- Construyendo.co. (2021). *Construyendo.co*. Obtenido de Construyendo.co: <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>
- CPE INEN 019. (2001). *CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL*. QUITO: CPE INEN 019.
- Cuasque Cacuango, N. P. (2020). *Metodología de coordinación de protecciones en redes de bajo voltaje del alimentador N° 1 San Agustín de la Empresa Eléctrica Regional Norte SA*.
- De Máquinas y Herramientas. (2023). *De Máquinas y Herramientas*. Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/introduccion-al-voltmetro>
- De, A. P. U. N. T. E. (2020). *Análisis de los circuitos eléctricos*.
- DIALUX. (2020). *DIALUX*. Obtenido de DIALUX: <https://www.dialux.com/en-GB/>
- Ecu Red. (2021). *Ecu Red*. Obtenido de Ecu Red: <https://www.ecured.cu/Voltaje>
- El Blog de PepeEnergy. (2021). *Qué es una corriente eléctrica y cuántos tipos existen*.
- Farinango Guaña, P. W. (2023). *Diseño eléctrico en bajo voltaje para una edificación considerando análisis de distintos escenarios constructivos*.
- Fariña, A. (2024). *Sistema Puesta a Tierra*. Editores.
- Felix, Q. R., & Roberto, M. R. (2019). *Electrostática y Corriente Eléctrica para Ingenieros*. STS EDICIONES.
- Fernández, M. C. (2023). *Puesta a tierra en viviendas con sistema solar fotovoltaico como alternativa de generación de electricidad*. *Ingeniería Energética*, 44(2), 142-151.
- Fernández-Sánchez, H. K.-B.-H. (2020). Revisiones Sistemáticas Exploratorias como metodología para la síntesis del conocimiento científico. *Enfermería universitaria*, 87-94.
- Freepik. (2023). *Freepik*. Obtenido de [https://www.freepik.es/vector-premium/corriente-electrica-energia-bateria\\_28972462.htm](https://www.freepik.es/vector-premium/corriente-electrica-energia-bateria_28972462.htm)

- Garzón Cifuentes, J. E. (2022). Desarrollo curricular y prácticas de enseñanza en electricidad y electrónica en la educación media técnica. *Revista Boletín REDIPE*, 38-57.
- General Electrics. (2019).
- Globe Core. (2021). *Globe Core*. Obtenido de Globe Core: <https://globecore.com/es/publications/three-phase-transformer/>
- Grup d'Estudis Luminotècnics - UPC. (2020). *Estudio de Iluminación*.
- GUTIERREZ SUAREZ, D. C. (2021). *CONSTRUCCIÓN DE CAPÍTULO DE LIBRO GUÍA BASADO EN TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS DE POTENCIA*. Santander: Unidades Tecnológicas de Santander.
- Hernandez Meneses, J. J. (2023). *Análisis de armónicos de corriente para mejorar la calidad de energía eléctrica en el hospital regional de Moquegua*. Moquegua.
- Iglesias Vargas, K. J., & Varas Borja, R. H. (2020). *Diseño de Un Sistema De Monitoreo de Voltaje, Corriente y Temperatura En Tableros Eléctricos Monofásicos A 240vac de Hasta 2kva de Potencia Mediante Un Analizador de Energía Potenciado por Arduino y Acimut Integración de Sistemas Dirigido a los Clientes*. UPS.
- Imbach, I. &. (2021). *Diseño y validación de secuencia didáctica para el estudio de la corriente eléctrica con dispositivos móviles en el contexto rural*. Tecné, Episteme y Didaxis.
- Imbach, I. &. (2021). Diseño y validación de secuencia didáctica para el estudio de la corriente eléctrica con dispositivos móviles en el contexto rural. En *Tecné, Episteme y Didaxis: TED* (págs. 2656-2661).
- Indelec. (2023). *Indelec*. Obtenido de Indelec: <https://ineldec.com/producto/transformador-autoprotegido-25-kva/>
- Ingeniería de Máquinas y Sistemas Eléctricos . (2020). Obtenido de <https://imseingenieria.blogspot.com/2018/03/lineas-aereas-de-at-conductores-parte-1.html>

- Instalaciones Eléctricas Residenciales. (2022). *Instalaciones Eléctricas Residenciales*. Obtenido de <https://instalacioneselctricasresidenciales.blogspot.com/2009/11/2-tipos-de-conductores-electricos.html>
- Játiva, J. J. (2019). *Diseño y Construcción de un Transformador Trifásico para Control de Voltaje en el Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Revista Politécnica.
- Jaya, D. W. (2019). *Ética aplicada en la soldadura*. Economía Latinoamericana 11 p 30.
- Jerry D. Wilson Anthony J. Buffa Bo Lou Sexta edición. (2018). *Física*. Pearson.
- Jiménez, H. J. (2019). *Comportamiento mecánico y microestructural de la aleación AlMgSi para conductores eléctricos*. Revista UIS Ingenierías, 2019, vol. 18, no 2, p. 199-212.
- Junco, P., & Madeleine, A. (2019). *Implementación de una línea de producción de aisladores cerámicos de alta temperatura y la productividad en la fabricación de resistencias eléctricas calefactoras*.
- Landi Placencia, A. X. (2023). *Modelación y simulación de un sistema de transmisión eléctrica de alta tensión con corriente continua (HVDC) mediante ATPDraw*. Universidad Politécnica Salesiana .
- Logos Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 2. (2020). Circuitos eléctricos. En E. V. Aguirre. México.
- Lupera Alvario, A. D., & Cobos Ordoñez, P. A. (2020). *Diseño de sistemas de aterramiento usando acero inoxidable como alternativa al cobre*.
- Masabanda Pinza, B. F. (2021). *Conversión de un sistema eléctrico monofásico a trifásico balanceado mediante elementos pasivos como alternativa para energización de equipos*. UPS.
- Mecatrónica LATAM. (2023). *Mecatrónica LATAM*. Obtenido de Mecatrónica LATAM: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/teoria/ley-de-ohm/>

- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2011). *HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP) Y UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC) DEL SISTEMA DE*. Quito.
- Montañez Ramírez, J. C., & Moreno Calles, R. J. (2021). Calles. Manual de metodología de la investigación en negocios internacionales. *ECOÉ ediciones*.
- Naranjo Contento, A. L., & Velasco Jaramillo, E. J. (2022). *Estudio y diseño funcional de un horno crematorio energizado térmicamente con resistencias eléctricas*. Quito.
- NTE INEN 1965-1. (2018). *Normativa Técnica Ecuatoriana INEN Postes de hormigón armado*. Quito. Obtenido de Normativa Técnica Ecuatoriana INEN .
- Ok Diario. (07 de 2020). *Ok Diario*. Obtenido de Ok Diario: <https://okdiario.com/howto/como-usar-amperimetro-paso-paso-2549070>
- PAZ VILLANUEVA, J. F. (2019). *Evaluación del comportamiento de voltajes y corrientes armónicas para la mejora del control en un alimentador de media tensión-casa de concesionaria de un sistema de distribución*. Lima.
- Pedrajas, A. (2022). *Uso didáctico de un laboratorio virtual para favorecer la progresión de los modelos mentales de los estudiantes sobre circuitos de corriente eléctrica*. Revista de Pedagogía.
- Peñafiel, S. P. (2023). *"Diagnóstico del Estado de Transformadores de Distribución Mediante el Ensayo de Análisis de Respuesta en Frecuencia."* Revista Técnica Energía 20.1 (2023): 26-32.
- Pérez Martínez, M. L.-F. (2021). *otencialidades de la app EveryCircuit en las prácticas de laboratorio de Circuitos Eléctricos en la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana*. Habana: Modelling in Science Education and Learning,.
- Pérez, P. A. (2020). *Transformadores de distribución. Teoría, cálculo, construcción y pruebas*. Reverté.
- Porto, J. P., & Gardey, A. (06 de Agosto de 2021). Resistencia eléctrica. *Definición*.



- PortoTrans. (2021). *PortoTrans*. Obtenido de PortoTrans: <https://portotransformadores.com/productos/transformador-trifasico-convencional/>
- Proaño, X. B. (2023). Evaluación del Funcionamiento de la Protección Diferencial 87 en Transformadores Monofásicos Ante Presencia de Fallas, Mediante un Prototipo Didáctico. *Revista Técnica" energía"*, 19(2), págs. 99-109.
- Quispe, W. R. (2020). *PLANTA FOTOVOLTAICA CONECTADA A UNA MICRO RED DE BAJA TENSIÓN*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.
- Revista Multi-Ensayos. (2023 vol 9). Competencias Científicas y Tecnológicas en el Trabajo Práctico Experimental de Electricidad. En C. J. Castrillo, *Revista Multi-Ensayos* (págs. 3 -18).
- Revista UIS Ingenierías. (2020). *Análisis de la operación en estado estable de una red eléctrica de baja tensión con inyección de potencia de sistemas fotovoltaicos*. Revista UIS Ingenierías.
- Rivera Campoverde, R. (2024). *Estudio de la eficiencia energética y determinación de consumo en la Industria Manufacturera Cementera UCEM*. Guayaquil.
- Robinson Dario, C. V. (2021). *Diseño de un Sistema Prototipo de Medida de Potencia Eléctrica mediante muestreo digital de tensión eléctrica alterna y corriente eléctrica alterna, que permita calibrar el Patrón Nacional de Potencia y Energía Eléctrica en el INM de Colombia*. Colombia.
- Robledo Benitez, G. O. (2021). *Estudio De La Aplicación De Conductores Eléctricos De Aluminio En Transformadores De Distribución De 50kva 10/0.23 kv En Proyectos De Electrificación Masiva De Luz Del Sur 2018 - 2019*.
- Roncancio Carreño, B. A. (2022). *Análisis diseño y control de convertidores DC-DC funcionando como transformadores DC para estructuras de potencia en data centers*. Universidad Santo Tomás.
- Ruiz, N. (13 de Junio de 2024). Obtenido de Apuntes Virtuales: <https://misapuntesvirtuales.com/soporte-tecnico/circuitos-electricos/>

- Sanchez Juarez, J. A. (2019). *Diseño De Proyecto Electrico De Una Estacion De Servicio De Acuerdo A La NOM-001-SEDE-2012*.
- Sandoval Monroy, J. R. (2021). *Conductores de aluminio como alternativa al cobre en el uso de instalaciones eléctricas de baja tensión, y análisis de las propiedades mecánicas y eléctricas del conductor, consideraciones de fiabilidad económica y con el ambiente*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Silext. (2021). *Silext*. Obtenido de <https://silexst.com/wp-content/uploads/2016/12/Tabla-caracteristicas-cables-LA-Aluminio-Acero-v01-Silex.jpg>
- Sunlight. (2021). *Sunlight*. Obtenido de Sunlight: <https://es.sltup.com/Application-Of-Exothermic-Welding-In-Grounding-Systems.html>
- TAMESON. (2022). *TAMESON*. Obtenido de <https://tameson.es/pages/transformadores-trifasicos-una-guia-completa>
- TTE Trnasformamos energía generando valor . (2023). *TTE Trnasformamos energía generando valor* . Obtenido de <https://www.tte.com.ar/productos/transformador-reductor/>
- Tuberquia Villa, D. (2023). *"Guía de diseño electromecánico básico en una subestación eléctrica de alta tensión"*. Antioquia: Universidad de Antioquia.
- Vázquez, A. E. (diciembre 2022). *Diseño Y Construcción De Un Tablero Didáctico Para Prácticas Electrónicas En El Tsu De Mantenimiento Área Industrial. Revista De Administración, Psicología E Ingeniería Industrial*, 56.
- Villanueva Loredó, J. A. (2023). *Modelado Y Control De Convertidores Elevador/Reductor Para El Procesamiento De Energía De Baterías De Iones De Litio*.
- Villca, N. S. (2023). *Diseño Y Evaluación De Sistemas De Puesta A Tierra*.
- Villegas, J. S. (2019). *Actividades experimentales para la enseñanza y aprendizaje del análisis de circuitos eléctricos*. Latin-American Journal of Physics Education, 13(2), 3.





Zamacona, J. R., Castillo Hernández, J., & Gasca., a. G. (2020). *Prototipo De Una Fuente Variable De Alto Voltaje Para Un Sistema De Recuperación De Sólidos Por Aspersión Electrostática*. Pistas Educativas.

# **ANEXOS**


## ANEXO 1. Indicaciones de normativa INEN 109

### ACCESORIOS PARA LINEAS Y CABLES

#### SOPORTES PARA LINEAS AEREAS

3.370	Soporte, símbolo general	
3.371	Poste de madera	
3.372	Poste metálico	
3.373	Poste de hormigón	

#### CAJAS PARA CABLES

3.380	Caja final para cable (el vértice del triángulo representa la entrada del cable dentro de la caja)	
-------	--	---

3.381 Caja de unión



3.382 Caja para una desviación



## ANEXO 2. Indicaciones de normativa INEN 109 Capacidad de Conductores

TABLA-FIGURA No. 4.1

**CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE COBRE, AISLADOS, DE CALIBRE A.S.T.G., EN TUBERÍA CONDUIT**

No más de 3 conductores en conducto o en cable; y sin temperatura ambiente de 30° C.

Sección cable A. S. G. o Wiring Conduit	Conductor Tipo R Tipo RM Tipo DU Tipo DWR	Conductor Tipo RM	Conductor Tipo V Tipo W	Tubo Conduit Tipo A.S.T.G. Tipo A.S.T.	Aislante Tipo AC Tipo PIA	Aislante Tipo A Tipo AB
	Conductor Tipo Y Tipo YW		Conductor Tipo V Tipo W Tipo Y Tipo YW			
20	1	1	*			
20	2	2	*			
10	3	3	*			
10	7	7	**			
14	15	25	25	30	30	30
12	20	20	30	35	40	40
10	30	30	40	45	50	55
8	40	45	50	60	65	70
6	50	65	70	80	85	90
4	70	85	90	105	115	120
3	80	100	100	120	130	140
2	85	115	120	135	145	155
1	110	125	140	160	170	180
0	125	150	150	180	190	215
60	145	175	180	210	220	250
600	165	200	210	245	265	305
6000	185	230	235	295	310	340
200	215	255	270	315	335	...
300	240	300	300	345	360	...
350	260	330	325	360	400	...
400	280	350	340	400	430	...
500	300	380	405	470	500	...
600	325	420	450	500	545	...
700	345	460	490	540	600	...
750	400	470	505	580	630	...
800	410	490	515	600	630	...
900	435	520	550	...	...	...
1,000	455	545	580	630	700	...
1,200	480	580	640	...	...	...
1,500	520	620	700	760	...	...
1,700	545	650	730	...	...	...
2,000	580	685	770	810	...	...

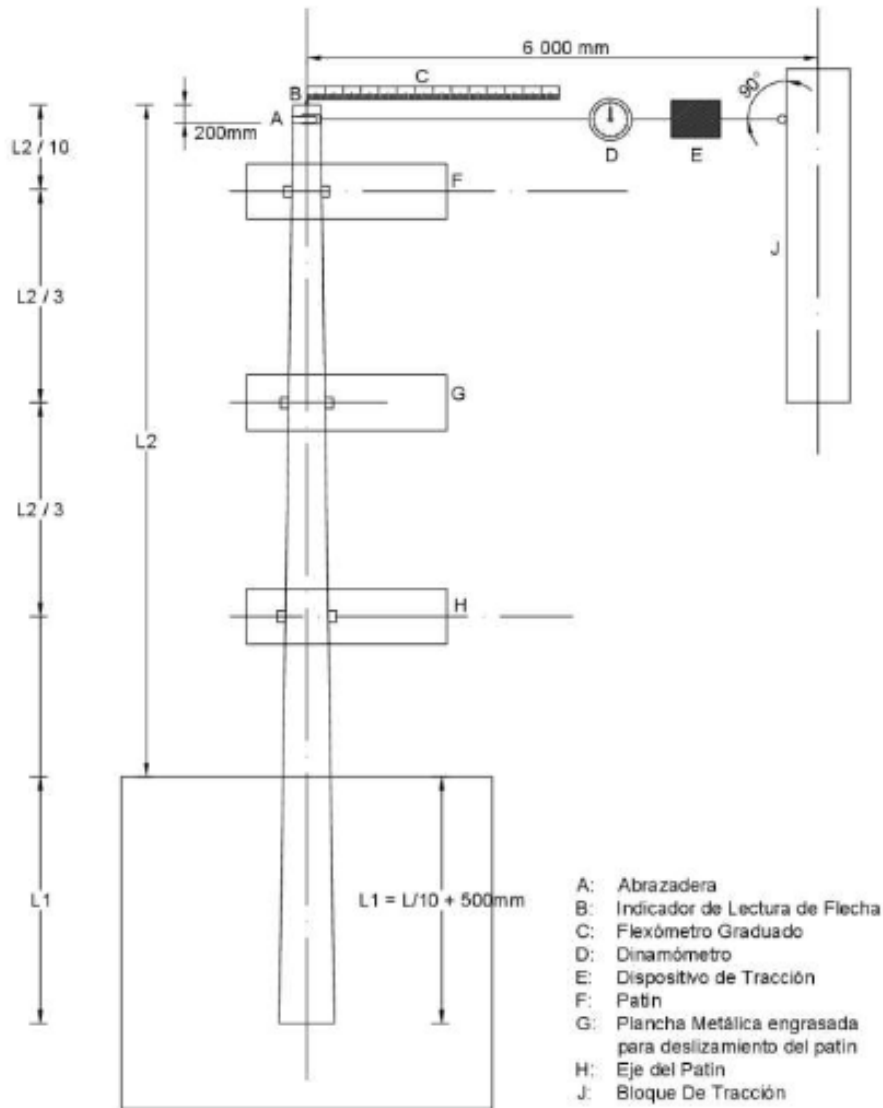
- \* Calibres permitidos solamente para sistemas de señales, telecomunicación, líneas, etc., y con tensiones inferiores a 100 voltios.
- \*\* Calibres permitidos solamente para instalaciones de alumbrado y termomotores de tipo mínimo y que se usen solamente en armarios completos de concreto armado.

### Anexo 3. Indicaciones de Poste de Hormigón Armado de 18 m

NTE INEN 1965-1

2018-06

FIGURA 2. Estación de postes de hormigón armado (Posición horizontal)



Someter al poste a ciclos sucesivos de carga aplicada durante 2 minutos en dirección normal al eje del poste y registrar las flechas correspondientes a incrementos del 10 % de la carga nominal de rotura, hasta llegar a un valor del 60 % como mínimo de dicha carga. Debe cumplir los siguientes pasos:

- Cargar al poste que se va a ensayar, reducir la carga actuante gradualmente hasta cero, y registrar las deformaciones permanentes correspondientes a cada ciclo después de someter al

2018-159

15

## Anexo 4. Requisitos de Fabricación de Poste de Hormigón Armado

NTE INEN 1965-1

### ANEXO F (informativo)

#### REQUISITOS ADICIONALES PARA FABRICACIÓN DE POSTES DE HORMIGÓN ARMADO

TABLA F.1 Requisitos adicionales para fabricación

Descripción	Diámetro punta (cm)	Diámetro base (cm)	Ventana superior rectangular de 25 mm X 80 mm o circular de 25 mm de diámetro para puesta a tierra (Metros desde base)	Ventana inferior rectangular de 25 mm X 80 mm para puesta a tierra (Metros desde base)	Color de identificación en punta y base
Poste circular de hormigón armado, 9 m x 400 kgf	13 a 16	27 a 32	8,70	1,20	Verde
Poste circular de hormigón armado, 9 m x 500 kgf	13 a 16	27 a 32	8,70	1,20	Anaranjado
Poste circular de hormigón armado, 10 m x 400 kgf	13 a 16	28 a 34	8,00	1,30	Verde
Poste circular de hormigón armado, 10 m x 2 000 kgf	13 a 16	28 a 36	8,00	1,30	Verde oscuro
Poste circular de hormigón armado, 11 m x 400 kgf	13 a 16	29 a 36	7,20	1,40	Amarillo
Poste circular de hormigón armado, 11 m x 500 kgf	13 a 16	29 a 36	7,20	1,40	Rojo
Poste circular de hormigón armado, 12 m x 500 kgf	13 a 16	30 a 38	8,00	1,50	Azul
Poste circular de hormigón armado, 12 m x 2 000 kgf	13 a 16	30 a 40	8,00	1,50	Azul oscuro
Poste circular de hormigón armado, 14 m x 500 kgf	13 a 16	33 a 42	10,20	1,70	Azul celeste
Poste circular de hormigón armado, 16 m x 800 kgf	13 a 16	36 a 46	11,80	1,90	Blanco
Poste circular de hormigón armado, 18 m x 1 200 kgf	13 a 16	40 a 50	13,40	2,10	Blanco



### Anexo 5. Listado de Materiales con cantidad de materiales y costos

1 MATERIALES					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	CANT.	UNIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	LÁMPARA LED 240W DOBLE VOLTAJE 120-240V	1045	c/u	\$ 432,73	\$ 452.202,85
2	Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600V	4180	m	\$ 1,88	\$ 7.858,40
3	Conector dentado simple, principal 10 a 95 mm <sup>2</sup> (6 - 3/0 AWG), derivado a 1,5 - 10 mm <sup>2</sup> (16-6AWG)	3135	c/u	\$ 2,79	\$ 8.746,65
4	Transformador 15 kVA, 13800 GRdY / 7960 ó 13200 GRdY/7620V-120/240 V	35	c/u	\$ 1.539,36	\$ 53.877,60
5	Poste circular de hormigón armado de 18 m, 600 kg	1045	c/u	\$ 930,30	\$ 972.163,50
6	Conductor preensamblado de Al 2 x 35 + 1 x 50 mm <sup>2</sup> (Similar a: 2 x 2 + 1 x 1/0 AWG)	45000	m	\$ 3,19	\$ 143.550,00
7	COLLAR (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	1160	c/u	\$ 7,26	\$ 8.421,60
8	PINZA TERMOPLASTICA, SUSPENSION PARA NEUTRO PORTANTE RANGO 35 a 95 mm <sup>2</sup> (2- 4/0 AWG)	910	c/u	\$ 4,55	\$ 4.140,50
9	PINZA DE ALEACIÓN DE AL, RETENSIÓN PARA NEUTRO PORTANTE RANGO 25 a 35 mm <sup>2</sup> (4- 2 AWG)	250	c/u	\$ 12,06	\$ 3.015,00
10	MENSULA DE ACERO GALVANIZADO, SUSPENSION PARA POSTE (Tipo ojal espiralado abierto)	910	c/u	\$ 5,62	\$ 5.114,20
11	Amarra aislante para cable	4980	c/u	\$ 0,19	\$ 946,20
12	SUJECIÓN TERMINAL	250	c/u	\$ 1,60	\$ 400,00
13	Tensor mecánico con perno de ojo, perno con grillete y tuerca de seguridad	250	c/u	\$ 5,81	\$ 1.452,50
14	FORRO PARA TERMINACIÓN DE CIRCUITO	750	c/u	\$ 0,69	\$ 517,50
15	UNIÓN PARA CABLES	270	c/u	\$ 4,05	\$ 1.093,50
16	TENSOR	2250	m	\$ 1,07	\$ 2.407,50
17	Retención preformada para cable de acero galvanizado de 9,35mm (3/8")	140	c/u	\$ 5,05	\$ 707,00
18	Aislador de retenida, de porcelana, clase ANSI 54-2	140	c/u	\$ 3,32	\$ 464,80
19	RETENCIÓN PREFORMADA ASC	140	c/u	\$ 0,92	\$ 128,80
20	Kit de aterrizaje	140	c/u	\$ 10,56	\$ 1.478,40
21	BLOQUE DE HORMIGON PARA ANCLA, CON AGUJERO DE 20MM, diámetro de la base 400mm, altura de la parte cilíndrica 100mm, altura de la parte troncocónica 100mm, diámetro de la base superior 150mm	140	c/u	\$ 8,84	\$ 1.237,60

<b>22</b>	Kit de fijación de postes	140	c/u	\$ 28,86	\$ 4.040,40
<b>23</b>	Estribo de aleación Cu- Sn, para derivación	35	c/u	\$ 9,45	\$ 330,75
<b>24</b>	Grapa de aleación de AL en caliente, derivación para línea en caliente, 2 a 4/0	35	c/u	\$ 14,09	\$ 493,15
<b>25</b>	Collar de 5 1/2	35	c/u	\$ 7,80	\$ 273,00
<b>26</b>	Conductor de aluminio desnudo cableado ACSR # 2	35	m	\$ 0,73	\$ 25,55
<b>27</b>	Cable de Cu. Cableado 600V, TTU, 1/0 AWG, 19 Hilos	210	m	\$ 7,80	\$ 1.638,00
<b>28</b>	Cable AW2	105	m	\$ 5,21	\$ 547,05
<b>29</b>	Unión para cable AWG	105	c/u	\$ 3,42	\$ 359,10
<b>30</b>	Conector de Cu de (5/8"), para sistemas de puesta a tierra	70	c/u	\$ 2,79	\$ 195,30
<b>31</b>	Aterrizaje clase copperwelld	70	c/u	\$ 9,53	\$ 667,10
<b>32</b>	Conductor de Cu, aislado PVC 600V, Tipo THHN, No. 6 AWG, 7 hilos	1150	m	\$ 1,59	\$ 1.828,50
<b>A</b>	<b>SUB-TOTAL MATERIALES (1)</b>				<b>\$ 1.680.322,00</b>



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Bajaña Santos Fernando Alejandro y Peñafiel Brito Paúl Fabricio**, con C.C: # **1204654865 y 0921755294** autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS TÉCNICO Y FINANCIERO PARA EL CAMBIO DE REDES DE BAJA TENSIÓN AÉREAS A SOTERRADAS EN LOS CIRCUITOS DE ALUMBRADO EN EL PARTERRE CENTRAL DE LA VÍA A LA COSTA DESDE EL KM 4 HASTA EL KM 25”** previo a la obtención del título de Ingenieros Eléctricos, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 04 de septiembre del 2024.

f.

**Bajaña Santos, Fernando Alejandro**

C.C: 1204654865

f.

**Peñafiel Brito, Paúl Fabricio**

C.C: 0921755294



**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis Técnico y Financiero para el cambio de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado en el parterre central de la vía a la costa desde el km 4 hasta el km 25.		
<b>AUTORES:</b>	Bajaña Santos, Fernando Alejandro y Peñafiel Brito, Paúl Fabricio		
<b>REVISOR/TUTOR:</b>	Ing. Raúl Quezada, PhD.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	Carrera de Ingeniería en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico		
<b>FECHA PUBLICACIÓN:</b>	04 de septiembre de 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	<u>66</u>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial, Seguridad Ocupacional		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Redes de baja tensión, alumbrado público, eficiencia energética, luminarias LED, análisis financiero vía a la Costa.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>El presente trabajo de investigación aborda el análisis técnico y financiero vital para la conversión de redes de baja tensión aéreas a soterradas en los circuitos de alumbrado público del parterre central de la vía a la costa, en el tramo comprendido entre el Km 4 y el Km 25.</p> <p>El objetivo principal es mejorar la eficiencia luminosa y obtener significativos ahorros energéticos, a fin de reducir los problemas críticos asociados con la red aérea actual, tales como la interferencia de la vegetación y los daños causados por las condiciones climáticas adversas. Con una metodología mixta que incluyó la identificación de los puntos críticos en la red de alumbrado existente, se realizó una comparación entre las luminarias de sodio actualmente en uso y las luminarias LED propuestas, destacando que las LED no solo ofrecen una mayor eficiencia energética, sino también una mejor calidad de iluminación, lo que contribuirá a la seguridad y visibilidad en la vía.</p> <p>El proyecto no solo representa una mejora técnica significativa, sino que también contribuye al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida de los habitantes y usuarios de la vía a la costa.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-0967777028-0962739696	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:fernando.bajana01@cu.ucsg.edu.ec">fernando.bajana01@cu.ucsg.edu.ec</a> <a href="mailto:paul.penafiel@cu.ucsg.edu.ec">paul.penafiel@cu.ucsg.edu.ec</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez, PhD		
	<b>Teléfono:</b> +593-4- 3804600 ext. 2018		
	<b>E-mail:</b> ricardo.ubilla@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			