



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO/A CIVIL**

TEMA

**EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL ENTRE UN
CABLEADO PÚBLICO CON SOTERRAMIENTO Y TRADICIONAL EN
LA CIUDAD DE BABAHOYO**

TUTOR

Ing. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACIS

AUTORES

**CARLOS DANIEL BAJAÑA SANTOS
OSCAR DAVID NAVARRO SANTILLÁN**

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Evaluación Técnica, Económica Y Ambiental Entre Un Cableado Público Con Soterramiento Y Tradicional En La Ciudad De Babahoyo

AUTOR/ES:

Bajaña Santos Carlos Daniel
Navarro Santillán Oscar David

TUTOR:

Ing. Mendoza Villacis Kevin Ángel

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

INGENIERÍA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

151

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Obras públicas, Industria energética, Industria de la construcción

RESUMEN:

La investigación compara el cableado soterrado y aéreo en Babahoyo desde las perspectivas técnica, económica y ambiental. Se identificaron problemas como caídas de postes y contaminación visual en el cableado aéreo, destacando que el soterramiento podría resolverlos, aunque es más costoso y requiere planificación. El soterramiento ofrece mayor seguridad y estética, pero es más caro y complejo, mientras que el cableado aéreo es más económico, pero vulnerable a riesgos climáticos.

Se utilizó un enfoque mixto con herramientas como observación, encuestas y análisis documental, y se desarrolló un modelo digital 2D para representar áreas

problemáticas. En una cuadra específica, se encontraron congestión de cables y proximidad peligrosa de edificios, pero sin daños graves. La encuesta confirmó que, aunque el soterramiento es más costoso, ofrece mayores beneficios en seguridad y estética.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:
---	-----------------------------

DIRECCIÓN URL (Web):

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

CONTACTO CON AUTOR/ES: Bajaña Santos Carlos Daniel Navarro Santillán Oscar David	Teléfono:	E-mail: cbajanas@ulvr.edu.ec onavarros@ulvr.edu.ec
---	------------------	---

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Ing. Calero Amores Marcial Sebastián Decano de la facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04)2596500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Ing. Jorge Enrique Torres Rodríguez Director de carrera de Ingeniería Civil Teléfono: (04)2596500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec
------------------------------------	---

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Evaluación técnica, económica y ambiental entre un cableado público con soterramiento y tradicional en la ciudad de Babahoyo.

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	7 %	0 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	4 %
2	concables.cl Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	1 %
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
5	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
6	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
7	www.cnelep.gob.ec Fuente de Internet	<1 %
8	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
9	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Kevin Mendoza Villacís

incidencias < 20 words

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El(Los) estudiante(s) egresado(s) BAJAÑA SANTOS CARLOS DANIEL y NAVARRO SANTILLÁN OSCAR DAVID declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Evaluación Técnica, Económica Y Ambiental Entre Un Cableado Público Con Soterramiento Y Tradicional En La Ciudad De Babahoyo, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma: 

BAJAÑA SANTOS CARLOS DANIEL

0953235454

Firma: 

NAVARRO SANTILLÁN OSCAR DAVID

0942058629

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Evaluación Técnica, Económica Y Ambiental Entre Un Cableado Público Con Soterramiento Y Tradicional En La Ciudad De Babahoyo, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Evaluación Técnica, Económica Y Ambiental Entre Un Cableado Público Con Soterramiento Y Tradicional En La Ciudad De Babahoyo, presentado por el (los) estudiante (s) BAJAÑA SANTOS CARLOS DANIEL y NAVARRO SANTILLÁN OSCAR DAVID como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACIS

C.C.

AGRADECIMIENTO

“Quiero agradecer a Dios por ser mi guía y fortaleza, dándome la sabiduría y perseverancia para culminar esta etapa. A mis padres, Carlos Bajaña y Teresa Santos, por su amor incondicional, apoyo constante y los valores que me han inculcado, fundamentales en mi vida. A mi abuela Elisa Bastidas, cuyo cariño y consejos han sido esenciales, y a mi abuela Olga Vega, quien, aunque ya no está conmigo, sigue presente en mi corazón, dándome fuerzas para seguir adelante. Agradezco también al Ing. Kevin Mendoza, mi tutor de tesis, por su paciencia, orientación y conocimientos, que fueron clave en la realización de este trabajo. A mi compañero de tesis, Oscar Navarro, por compartir este desafío, su esfuerzo y apoyo mutuo durante el proceso. Finalmente, a mi primo Mario Santos, quien siempre ha estado allí para ayudarme y apoyarme en mi vida universitaria y en los momentos más difíciles, este logro también es suyo. A todos ustedes, muchísimas gracias.”

Carlos Daniel Bajaña Santos

“Con estas sutiles palabras quiero agradecer en primera instancia a Dios por todas las bendiciones y oportunidades que me ha dado en esta vida. A mis padres, la Sra Mariuxi Mabel Santillán León y al Ing. Huber Oscar Navarro que son mis pilares y motores fundamentales, gracias por ser un apoyo incondicional ya que por ustedes lo estoy logrando. A mi hermana, Srta. Romina Mariella Navarro Santillán, por ser mi apoyo y fuente de inspiración, espero poder seguir siendo su motivo de orgullo como hermano mayor. A mi compañero de y tesis y futuro colega, Carlos Daniel Bajaña Santos, iniciamos esta carrera juntos desde el primer semestre hasta ahora que estamos a punto graduarnos, le deseo una vida de éxitos. Finalmente, mi enamorada, Mi Doctora Delia Nicole Noriega Arteaga, gracias por la paciencia, comprensión y el tiempo que me ha dedicado para apoyarme en la terminación de mi carrera, por los consejos, por nunca dejarme solo en los momentos más difíciles de mi vida, por siempre ser la primera en todos los logros y caídas. Gracias totales.!”

Oscar David Navarro Santillán

DEDICATORIA

“Dedico este trabajo a mi padre Carlos Bajaña, por estar siempre a mi lado en cada paso de mi vida, agradecido por su apoyo incondicional, por inculcarme los valores que aplico con orgullo y por los sacrificios que ha hecho por mí. Gracias por mostrarme el significado de la perseverancia y por enseñarme a siempre levantarme y seguir adelante. A mi madre Teresa Santos, por su amor inquebrantable, por ser mi refugio y por siempre estar allí, brindándome su amor y comprensión, sin importar las circunstancias. A mi abuela Elisa Bastidas, por su sabiduría, cariño y por ser una guía en mi vida. Y a mi abuela Olga Vega, cuya presencia sigue viva en mi corazón, por su amor incondicional y por ser mi apoyo cuando era niño. A ustedes, que han sido mis pilares, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud. Sin su apoyo, este camino no habría sido posible. Este trabajo es el reflejo de lo que soy gracias a ustedes.”

Carlos Daniel Bajaña Santos

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta. Citando mi lema de siempre "Jamás te rindas" dedico este trabajo de tesis a mi madre, Sra Mariuxi Santillán Leon por ser la persona que nunca dudo de mí, la que siempre estaba detrás mío dándome su apoyo y su amor. A mi padre, Ing Oscar Navarro la persona que me enseñó a ser fuerte en esta vida, que todo lo que uno anhela se lo tiene que conseguir con duros sacrificios y al final tendrás las ganancias de la vida. Para mi hija, mi pequeña Lu, mi amor eterno, llegaste a este mundo con el fin de darme una gran enseñanza de amor, tu papi nunca te dejará sola, siempre serás la niña hermosa de papá. Mi enamorada mi Doctora, por ti conozco la palabra esfuerzo, eres un gran ejemplo a seguir qué me llena de orgullo estar a tu lado, la que hace que mis días grises sean coloridos. Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.”

Oscar David Navarro Santillán

RESUMEN

La investigación compara el cableado soterrado y aéreo en Babahoyo desde las perspectivas técnica, económica y ambiental. Se identificaron problemas como caídas de postes y contaminación visual en el cableado aéreo, destacando que el soterramiento podría resolverlos, aunque es más costoso y requiere planificación. El soterramiento ofrece mayor seguridad y estética, pero es más caro y complejo, mientras que el cableado aéreo es más económico, pero vulnerable a riesgos climáticos.

Se utilizó un enfoque mixto con herramientas como observación, encuestas y análisis documental, y se desarrolló un modelo digital 2D para representar áreas problemáticas. En una cuadra específica, se encontraron congestión de cables y proximidad peligrosa de edificios, pero sin daños graves. La encuesta confirmó que, aunque el soterramiento es más costoso, ofrece mayores beneficios en seguridad y estética.

Palabras Claves: Obras públicas, Industria energética, Industria de la construcción

ABSTRACT

The research compares underground and overhead cabling in Babahoyo from technical, economic and environmental perspectives. Problems such as fallen poles and visual pollution in overhead cabling were identified, highlighting that underground cabling could solve these, although it is more costly and requires planning. Underground cabling offers greater safety and aesthetics, but is more expensive and complex, while overhead cabling is cheaper, but vulnerable to climatic risks.

A mixed approach was used with tools such as observation, surveys and documentary analysis, and a 2D digital model was developed to represent problematic areas. In a specific block, cable congestion and dangerous proximity to buildings were found, but no serious damage was found. The survey confirmed that, although underground cabling is more expensive, it offers greater benefits in safety and aesthetics.

Keywords: Public works, Energy industry, Construction industry

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
1.1 Tema.....	4
1.2 Planteamiento del Problema	4
1.3 Formulación del Problema	6
1.4 Objetivo General	6
1.5 Objetivos Específicos.....	6
1.6 Idea a Defender	6
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	6
CAPÍTULO II	7
2.1 Marco Teórico	7
2.1.1 Antecedentes.....	7
2.2 Conceptos.....	22
2.2.1 Soterramiento	22
2.2.2 Redes de Distribución.....	24
2.2.3 Red de Distribución Aérea	27
2.2.4 Red de Distribución Soterrada.....	31
2.2.5 Ventajas y Desventajas de Redes de Aéreas.....	36
2.2.6 Ventajas y Desventajas de Redes Soterradas.....	39
2.2.7 Ductos.....	43
2.3 Descripción de Elementos	45
2.3.1 Postes.....	45
2.3.2 Cables	45
2.3.3 Tipos de Cables.....	48
2.3.4 Tipos Cable de Red	49

2.3.5 Tipos de Cables de Telecomunicaciones	51
2.3.6 Coaxial.....	51
2.3.7 Cables de Par Trenzado	52
2.3.8 Fibra Óptica	52
2.3.9 Excavación	53
2.3.10 Canalización	53
2.3.11 Pozos.....	54
2.3.12 Zanjas.....	55
2.3.13 Contaminación Visual	58
2.4 Metodología Constructiva para Soterramiento.....	60
2.4.1 Criterios Generales para Construcciones Soterradas.....	60
2.4.2 Soterramiento Eléctrico	63
2.4.2.1 Estudio de Factibilidad.....	63
2.4.2.2 Levantamiento Topográfico y Geotécnico.....	63
2.4.2.3 Diseño del Proyecto de Soterramiento.....	64
2.4.2.4 Obra Civil.....	64
2.4.2.5 Tendido de Cables	64
2.4.2.6 Profundidad Mínima de las Canalizaciones.....	65
2.4.2.7 Materiales Adecuados.....	65
2.4.2.8 Compatibilidad con otros Servicios.....	65
2.5 Marco Legal	66
2.5.1 Constitución del Ecuador	68
2.5.1.1 Artículo 314.....	68
2.5.1.2 Artículo 326, Numeral 15.....	68
2.5.1.3 Artículo 375, Numeral 6.....	69
2.5.2 Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica	69
2.5.2.1 Artículo 65, Párrafos Primero y Segundo.....	69

2.5.2.2 Artículo 84, Párrafos Primero y Segundo.....	70
2.5.3 Reglamento a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica	71
2.5.3.1 Artículo 3, en sus Definiciones.....	71
2.5.4 Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza Especial para la Actualización Catastral de Edificaciones Concluidas que no Cuentan con Inspección Final y/o Registro Catastral y con Uso de Suelo Distinto al que Consta en el Sistema de Catastro	72
2.5.4.1 Artículo 8, Literal a).....	72
2.5.5 Norma Ecuatoriana de la Construcción – Instalaciones Eléctricas	73
2.5.5.1 Numeral 3.1.	73
2.5.5.2 Numeral 3.3.	73
2.5.5.3 Numeral 3.4	74
CAPÍTULO III	76
3.1 Enfoque de la Investigación	76
3.2 Alcance de la Investigación.....	77
3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos.....	78
3.3.1 Operacionalización de la Variable	78
3.3.2 Esquema Metodológico	79
3.3.2.1 Fase 1.....	79
3.3.2.2 Fase 2.....	80
3.3.2.3 Fase 3.....	80
3.3.3 Observación Estructurada	82
3.3.4 Encuesta.....	83
3.3.5 Presupuesto.....	84
3.3.6 Análisis Documental	84
3.3.7 Modelo Digital 2D	85
3.4 Población y Muestra	85

3.5 Tipos de Muestra en Investigación Cualitativa.....	87
3.6 Elaboración del Análisis del Impacto Ambiental.....	88
3.6.1 Impactos Negativos	88
3.6.1.1 Alteración del Suelo y Ecosistemas Subterráneos.	88
3.6.1.2 Generación de Residuos y Contaminación.	90
3.6.2 Impactos Positivos.....	90
3.6.2.1 Reducción de Contaminación Visual y Acústica.....	90
3.6.2.2 Reducción de Riesgos de Accidentes.	90
3.6.2.3 Vida Útil.....	91
3.6.3 Medidas para Mitigar Impactos Ambientales	91
3.6.4 Matriz de Leopold	91
CAPÍTULO IV.....	93
4.1 Presentación y Análisis de Resultados	93
4.1.1 Resultados de la Observación Estructurada.....	93
4.1.2 Resultados de la Encuesta	93
4.1.3 Resultados del Sondeo para Presupuesto.....	95
4.1.3.1 Presupuesto de Red Soterrada.	95
4.1.3.2 Presupuesto de Red Aérea.....	97
4.1.4 Resultados del Análisis Documental.....	100
4.1.5 Resultados de la Modelación en 2D	101
4.2 Propuesta.....	103
4.2.1 Criterios de Comparación	103
4.2.2 Tabla Comparativa	104
4.3 Matriz de Leopold	106
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

ANEXOS 119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla comparativa entre las redes aéreas.	15
Tabla 2: Tabla comparativa entre las redes soterradas.	15
Tabla 3: Profundidad recomendada para la canalización de la red.....	17
Tabla 4: Medidas de excavación para las zanjas que albergarán los conductos.	19
Tabla 5: Características de la malla a tierra.	22
Tabla 6: Altura y resistencia que deben tener los postes.	45
Tabla 7: Conductividad y resistencia de material.	48
Tabla 8: Clasificación de viviendas según el área de construcción.....	74
Tabla 9: Factores de demanda por tipo de vivienda.	75
Tabla 10: Desagregación de la variable de investigación.	78
Tabla 11: Guía de observación.	83
Tabla 12: Encuesta.	84
Tabla 13: Formato para tabla de rubros y cantidades.	84
Tabla 14: Resultados de la observación.	93
Tabla 15: Presupuesto de Soterramiento.....	96
Tabla 16: Presupuesto de cableado aéreo.....	97
Tabla 17: Tabla de comparación entre redes soterradas y aéreas.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representativo del sistema eléctrico.....	8
Figura 2: Procedimientos en función del uso.	13
Figura 3: Ubicación de postes.....	23
Figura 4: Planeación óptima de la expiación de redes de distribución.....	26
Figura 5: Sistema de distribución de energía eléctrica.....	26
Figura 6: Esquemmatización de los postes.....	29
Figura 7: Trabajador de empresa eléctrica lidiando con las dificultades que presenta el cableado aéreo.....	30
Figura 8: Diseño de la red soterrada de bajo voltaje.....	33
Figura 9: Proceso de soterramiento del cableado por medio de excavaciones y tuberías	35
Figura 10: Ventajas y desventajas de redes de distribución aéreas.	39
Figura 11: Ventajas y desventajas de redes de distribución aéreas.	39
Figura 12: Detalle del proceso de excavación.....	58
Figura 13: Desorden del cableado aéreo.....	60
Figura 14: Tendido manual del cableado.....	65
Figura 15: Resultados pregunta 1.....	94
Figura 16: Resultados pregunta 2.....	94
Figura 17: Resultados pregunta 3.....	94
Figura 18: Resultados pregunta 4.....	95
Figura 19: Resultados pregunta 5.....	95
Figura 20: Plano arquitectónico.....	102

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	119
Anexo 2	120
Anexo 3	121
Anexo 4	122
Anexo 5	123
Anexo 6	124
Anexo 7	125
Anexo 8	126
Anexo 9	127
Anexo 10	128
Anexo 11	129
Anexo 12	130
Anexo 13	131
Anexo 14	132
Anexo 15	133

INTRODUCCIÓN

La investigación presente buscó evaluar de manera técnica, económica y ambiental la comparación entre el cableado público soterrado y el tradicional (aéreo) en la ciudad de Babahoyo. En el capítulo I se analizó cómo la creciente demanda de servicios eléctricos y la expansión de la población han causado desorden en la instalación de cables, especialmente en áreas urbanas, lo que ha generado problemas como caídas de postes, accidentes eléctricos y contaminación visual. Aunque el soterramiento de cables presenta una solución efectiva al eliminar estos inconvenientes, su implementación es costosa y requiere de una planificación detallada. Este estudio tiene como objetivo evaluar estas dos opciones, analizando los beneficios y costos de cada una para proporcionar recomendaciones que ayuden a los ingenieros y la comunidad a tomar decisiones informadas.

En el capítulo II se abordaron marco teórico y marco legal respectivamente y se esclareció que el soterramiento de cables y el cableado aéreo son dos métodos ampliamente utilizados para la instalación de redes eléctricas y de telecomunicaciones, cada uno con sus propias ventajas y desventajas que afectan la seguridad, la estética, el costo y el medio ambiente.

El cableado aéreo es más económico de instalar, ya que no requiere excavaciones ni modificaciones del terreno, pero presenta varios inconvenientes. Los cables expuestos están sujetos a los riesgos de las condiciones climáticas extremas, lo que puede ocasionar caídas de cables y postes, creando posibles accidentes. Además, la acumulación de cables aéreos genera contaminación visual, afectando la estética urbana. Este sistema también requiere un mantenimiento constante debido a su exposición.

Por otro lado, el soterramiento de cables ofrece beneficios significativos en cuanto a seguridad y estética. Al estar bajo tierra, los cables están protegidos de factores climáticos y riesgos de caídas, lo que reduce los accidentes. También mejora la apariencia urbana, eliminando los cables visibles, y reduce las interferencias externas. Sin embargo, el soterramiento es más costoso y complejo, ya que implica excavación, instalación de ductos y sistemas de protección. Además, requiere tecnologías avanzadas para garantizar su durabilidad y funcionamiento a largo plazo.

En términos de una comparativa técnica, económica y ambiental, el soterramiento, aunque presenta un costo inicial más alto y un proceso de instalación más complicado, ofrece ventajas a largo plazo en cuanto a durabilidad, menor exposición a riesgos y menor necesidad de mantenimiento. En cuanto al impacto ambiental, el soterramiento tiene un menor impacto visual y es menos susceptible a daños provocados por condiciones meteorológicas extremas. Sin embargo, el proceso de excavación puede generar impactos temporales en el ecosistema local.

El capítulo III trató varios aspectos clave de la investigación, comenzando con el enfoque mixto adoptado, que combina datos cualitativos y cuantitativos. Este enfoque fue elegido para recolectar información sobre el sistema eléctrico de Babahoyo, utilizando técnicas como la observación estructurada, encuestas y análisis documental.

Se discute el uso de paradigmas de investigación, con énfasis en el pragmatismo, que integra enfoques cualitativos y cuantitativos para abordar problemas sociales. El alcance de la investigación se definió como descriptivo, buscando proporcionar una descripción detallada del fenómeno de estudio, en lugar de explorar nuevos datos o analizar relaciones entre variables.

En cuanto a la recolección de datos, se utilizaron herramientas como la observación estructurada y encuestas cuantitativas, complementadas con un análisis documental. También se empleó un modelo digital 2D en AutoCAD para representar visualmente las áreas problemáticas del proyecto, facilitando su análisis y futura ejecución.

La población y muestra de la investigación fueron definidas, aplicando el muestreo aleatorio simple, lo que garantiza imparcialidad en la selección de participantes. Además, se explicó la técnica de muestreo aleatorio simple (MAS), con dos modalidades: con y sin reemplazo, crucial para asegurar representatividad y precisión en los resultados.

Finalmente, en el capítulo IV, el texto describe una observación e investigación sobre las redes eléctricas aéreas y soterradas en una cuadra específica. La observación identificó puntos de acumulación en postes con transformadores y congestión de cables en distintas direcciones, pero no se detectaron daños

visibles ni deterioro que comprometerían la seguridad. Sin embargo, se encontró que algunos edificios de varios pisos estaban peligrosamente cerca de los cables.

La encuesta realizada a 26 personas reveló que, aunque las redes soterradas tienen un costo significativamente mayor debido a materiales y procesos como excavaciones y ductos, presentan ventajas en seguridad y estética. Se discutieron los elementos esenciales para calcular los costos de ambas redes, incluyendo cables, ductos, postes y transformadores, y se concluyó que el soterramiento es más costoso pero ofrece beneficios a largo plazo.

Además, el análisis de información comparó las ventajas y desventajas de redes aéreas y soterradas, destacando la necesidad de estudios adicionales sobre proyectos existentes para evaluar el costo-rendimiento. También se mencionaron tecnologías como los Gabinetes Inteligentes que optimizan la infraestructura y reducen el impacto ambiental.

El texto finaliza con un modelo integral de infraestructura 2D desarrollado en colaboración con la Alcaldía de Babahoyo, utilizado para optimizar la planificación del soterramiento eléctrico, garantizando precisión en la distribución de ductos y equipos, y facilitando el mantenimiento y expansión futura. Además, el texto presenta una sección de la tesis que ofrece un análisis comparativo entre los sistemas de cableado soterrado y aéreo, con el fin de proporcionar un aporte a futuros proyectos de investigación o ejecución en este campo. El objetivo es evaluar las ventajas y desventajas de ambos sistemas desde una perspectiva técnica y económica, considerando aspectos como costos de construcción, operación y mantenimiento, vida útil e impacto ambiental.

La investigación utiliza criterios específicos para realizar una comparación objetiva y estructurada. La creación de una tabla comparativa es destacada como una herramienta útil para organizar la información y facilitar la toma de decisiones al mostrar las diferencias y similitudes entre las opciones. Esta tabla ayuda a visualizar de manera clara aspectos clave como costos, seguridad, impacto visual y vulnerabilidad ante desastres naturales, lo que contribuye a una evaluación más precisa y eficiente para proyectos futuros.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema

Evaluación técnica, económica y ambiental entre un cableado público con soterramiento y tradicional en la ciudad de Babahoyo.

1.2 Planteamiento del Problema

Los servicios básicos como luz, internet, teléfono, televisión son elementos de gran importancia para la vida diaria de las personas, por lo cual los ciudadanos tienen como prioridad para el día a día el uso de estos en caso de querer comunicarse o informarse, en circunstancias que no posean de estos servicios, buscan la manera de ser poseedores de aquellos. Es aquí donde entra el cableado, el cual permite la transferencia de los servicios básicos por medio de componentes de cobre, conductores, y aislamientos que se encuentran en el interior de cables tendidos vía aérea o soterrada.

Con el transcurso del tiempo, la población va en crecimiento. Lugares vacíos empiezan a ser ocupados por viviendas, siendo necesario el uso de telecomunicaciones para ellos. Es por eso que el uso de estos servicios provoca que gran parte de la sociedad posea una inmensa cantidad de cables alrededor de todo lugar, edificio, construcciones, entre otros. Sin embargo, mientras el tiempo va avanzando con el pasar de los días, la demanda eléctrica aumenta, lo que genera que el cableado público sea más evidente llegando a tener repercusiones en un futuro.

En una gran cantidad de lugares en el Ecuador, los cables que están de manera pública colocados en postes de luz se encuentran a menudo en crecimiento de una forma completamente desorganizada debido a la expansión diaria que tienen las ciudades, este problema de desorden de cables aéreos provoca grandes dificultades en los lugares y además trae enormes consecuencias como la caída de postes de luz, contaminación visual, caídas de cables, accidentes eléctricos, costos de mantenimiento. Esta problemática es un factor que existe desde hace muchísimo tiempo que sigue en desarrollo, lo que significa que no se le ha dado tanta importancia

con el pasar de los años indicando que no ha tenido un nivel alto de preocupación por aquello.

El cableado público se encuentra, en la mayoría de los casos en la superficie, expuesta a sufrir daños por una gran cantidad de condiciones que existen en el planeta, siendo afectada principalmente por medio del cambio climático ocasionando un inmenso desgaste y mal funcionamiento de electricidad en los sectores que en los que está presente el desorden de cables, perjudicando también a los moradores, los cuales necesitan siempre el uso eléctrico para fines personales que están en su vida cotidiana. En este contexto, el cableado público puede ocasionar como problemas varios eventos perjudiciales tanto al lugar donde se encuentre instalado, como a los moradores del sector.

Sin embargo, con el avance de la tecnología y la ingeniería civil. Se han creado métodos los cuales evitan la existencia de este problema tanto visual como funcional. Los ingenieros civiles han optado por el desarrollo del soterramiento, siendo un proceso por el cual se envía la gran cantidad de cables expuestos al aire libre, bajo tierra, evitando así la enorme acumulación visual de los cables en postes de luz en diversos sectores. El problema radica en que este proceso es más extenso y costoso.

Los encargados de realizar las instalaciones del cableado, al darse cuenta del gran proceso y elevado costo que tiene el realizar un soterramiento, optan por el método fácil de colocar el cable de manera expuesta en los postes de luz sin tener en cuenta todos los problemas que estos traen en un futuro, otros encargados, por otra parte toman en cuenta cualquier medida de seguridad y optan por consultar a los ingenieros civiles y realizar el soterramiento a pesar de las acciones y pagos que se deben hacer por los materiales y maquinarias para llegar al fin de que los cables estén por debajo del suelo.

El siguiente trabajo de investigación busca comparar de manera técnica, económica y ambiental el cableado público por soterramiento y tradicional buscando cuales son las ventajas de entre las dos opciones, viendo cual es óptima determinando los tres factores a tomar en cuenta en la comparación. Esto busca ayudar a concientizar a los ingenieros y moradores sobre cuál método puede beneficiar en un futuro, tomando en cuenta las medidas, precauciones y costos totales, teniendo como impacto a la población. Mediante un análisis económico se

evaluará que tan efectivo es la realización de la obra, un diseño estructural del sector ayudando no solo a los moradores y el aspecto visual del lugar, sino también para evitar todo tipo de catástrofes que puede ocurrir debido a la acumulación de cables.

1.3 Formulación del Problema

¿Cuál será el beneficio del cableado soterrado en comparación al tradicional, mediante la evaluación técnico – económica y ambiental en la ciudad de Babahoyo?

1.4 Objetivo General

Evaluar de manera técnica, económica y ambiental del tendido de cableado públicos entre uno tradicional y con soterramiento en la ciudad de Babahoyo.

1.5 Objetivos Específicos

- Identificar la situación actual del cableado aéreo desde la calle Roldós hasta la calle Flores entre General Barona y 9 de Octubre.
- Evaluar las alternativas técnicas desde una perspectiva teórica comparando el cableado tradicional con el cableado soterrado.
- Analizar los costos de instalación de un sistema de cableado subterráneo.
- Presentar un modelo digital en 2 dimensiones del área de influencia del proyecto de soterramiento.

1.6 Idea a Defender

Un soterramiento no solo es económicamente viable a largo plazo, sino que también proporciona significativos beneficios técnicos, ambientales y sociales que superan los costos iniciales y los inconvenientes del cableado aéreo.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Territorio, medio ambiente y técnicas innovadoras para la construcción

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Antecedentes

Talavera (2023), realizó una investigación cuyo texto describió un proyecto de remodelación de redes eléctricas en Arequipa, específicamente en la ampliación de la tercera etapa de la Vía Metropolitana, desde el Pasaje Torrico hasta la Variante de Uchumayo en Sachaca. El objetivo principal fue sustituir las redes aéreas existentes por redes subterráneas de baja y media tensión para mejorar el suministro eléctrico para uso particular y alumbrado público en el tramo señalado, manteniendo la infraestructura aérea en calles adyacentes.

El proyecto incluyó:

- Instalación de redes eléctricas en media tensión (10 kV, trifásico).
- Reubicación de subestaciones aéreas en casetas subterráneas.
- Desarrollo de especificaciones técnicas, metrado, presupuesto, análisis de costos, cronograma de ejecución y cálculos justificativos.

Se buscó garantizar una energía eléctrica segura y de calidad para los usuarios.

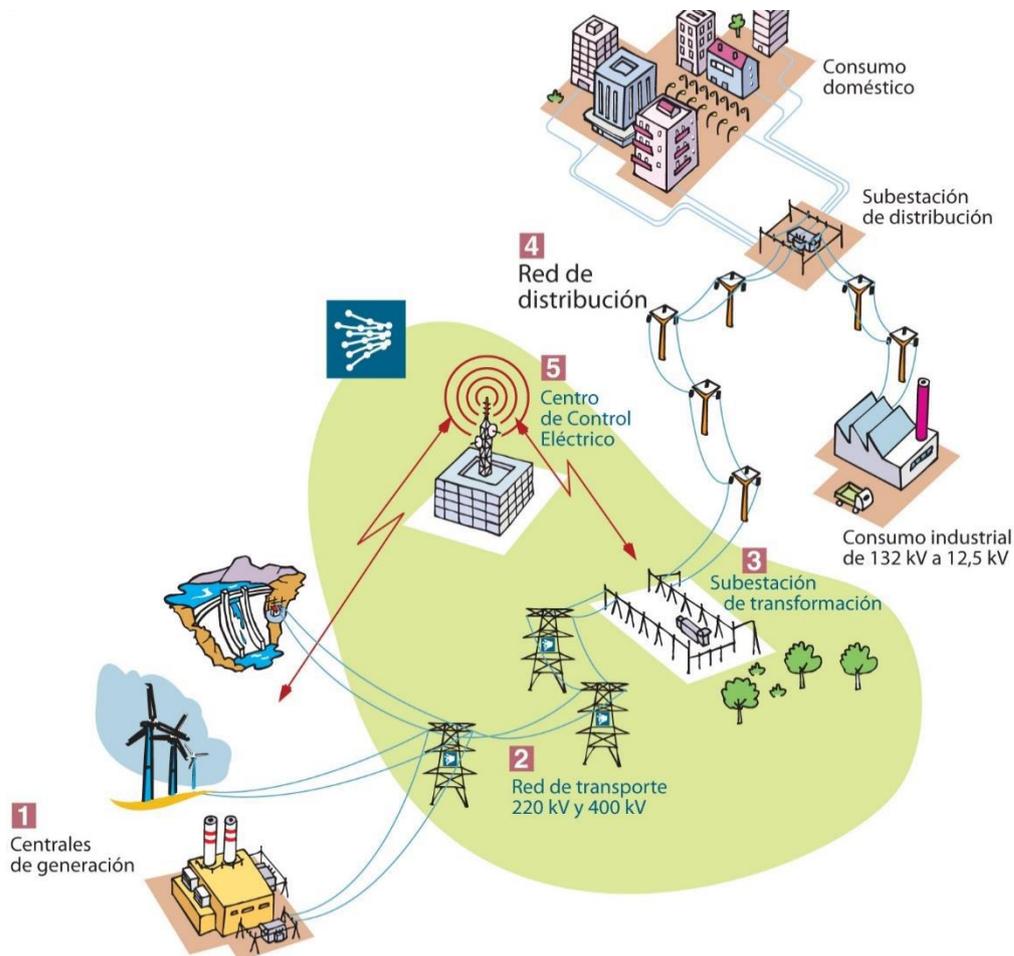
La principal motivación del proyecto fue el congestionamiento vehicular, la caída de tensión, y el impacto visual de las redes aéreas existentes. La propuesta incluyó soterrar las redes de distribución eléctrica en media y baja tensión y construir tres subestaciones eléctricas tipo caseta, cada una equipada con transformadores, celdas compactas y tableros de baja tensión.

La subestación No. 01 contaría con un transformador de 200 kVA para soportar las nuevas demandas de alumbrado público y suministro eléctrico. Las ubicaciones de las subestaciones estarían detalladas en los planos del proyecto. Además, se realizarían simulaciones para evaluar cargas y factores de potencia, considerando posibles incrementos futuros, especialmente en cargas industriales.

El proyecto cumplió con las normativas de la Dirección General de Electricidad y emplea principios de ingeniería especializada para su diseño y ejecución. Se buscó

resolver la interrogante sobre cómo soterrar y remodelar las redes primarias y secundarias, garantizando un sistema eléctrico eficiente y funcional.

Figura 1: Esquema representativo del sistema eléctrico.



Fuente: Talavera (2023)

Particularmente, la conceptualización y teorización del proyecto del autor describió los componentes y características de un sistema eléctrico de potencia, que abarca las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica. Su objetivo principal es transportar la energía desde los centros de generación hasta los consumidores, garantizando seguridad y calidad.

Se destacó que aproximadamente dos tercios de la inversión total se destinan a la distribución, lo que requiere un planeamiento, diseño y operación cuidadosos. Los elementos principales incluyen:

- Centros de generación: Plantas nucleares, hidroeléctricas, parques eólicos, entre otros.

- Líneas de transmisión: Transportan energía a alta tensión.
- Subestaciones: Reducen el voltaje para distribución.
- Líneas de distribución: Entregan energía en media y baja tensión a los puntos de consumo.
- Centro de control eléctrico: Gestiona y opera el sistema.

Por otro lado, el autor dijo que las principales características físicas de un sistema eléctrico son:

- Intensidad: Cantidad de carga que circula (amperios).
- Tensión: Fuerza que impulsa los electrones (voltios).
- Frecuencia: Ciclos de la señal en un tiempo determinado (hercios).

Además, se resaltó la importancia de la interconexión entre sistemas eléctricos para garantizar el suministro ante picos de demanda o fallos en la generación, mejorando la seguridad y calidad del servicio. Finalmente, se menciona que las redes de distribución aéreas, aunque económicas, utilizan conductores desnudos soportados por aisladores en postes.

Adicionalmente, el autor destacó las ventajas y desventajas de redes tanto aéreas como soterradas. Al respecto de las aéreas dijo que estas redes son una solución económica que utiliza conductores desnudos soportados por aisladores en postes de madera o concreto, con el aire como principal método de aislamiento.

Ventajas:

- Bajo costo inicial.
- Facilidad de mantenimiento y localización de fallas.
- Construcción rápida y uso de materiales accesibles.

Desventajas:

- Aspecto estético deficiente.
- Menor confiabilidad y seguridad.

- Vulnerabilidad a fallas por condiciones climáticas, vandalismo, y otros factores externos.

Componentes principales:

- Postes: De concreto o metálicos, de distintas longitudes y resistencias según el circuito.
- Conductores: Aluminio o ACSR desnudos para circuitos primarios; cables desnudos o aislados para secundarios.
- Crucetas: Fabricadas en hierro galvanizado, usadas según el nivel de tensión.
- Aisladores: De porcelana, vidrio o polímero, adaptados a tensiones específicas (15, 25 y 35 kV).
- Herrajes: Elementos metálicos galvanizados como grapas, anclajes y tensores.
- Equipos de seccionamiento: Cortacircuitos y seccionadores para aislar partes de la red.
- Transformadores y protecciones: Transformadores monofásicos y trifásicos con protecciones como fusibles y apartarrayos.

Las redes aéreas son comunes por su bajo costo y facilidad de construcción, pero tienen limitaciones significativas en términos de estética, seguridad y exposición a fallas externas.

Con respecto a las redes soterradas dijo que las redes de distribución son utilizadas en zonas donde las condiciones urbanísticas, estéticas, de seguridad o de congestión hacen inviable el uso de redes aéreas. Estas redes son cada vez más competitivas en áreas urbanas céntricas.

Ventajas de las redes subterráneas:

- Confiabilidad: Adecuadas para áreas de alta densidad de carga, minimizando interrupciones de servicio.

- Instalación: Se optimizan para espacios reducidos, como bóvedas o ductos.
- Economía: Pese al costo inicial, son eficientes y confiables a largo plazo.
- Versatilidad: Facilitan expansiones y adaptaciones para demandas futuras.
- Seguridad: Diseño robusto que reduce errores de instalación.

Desventajas de las redes subterráneas:

- Alto costo inicial de inversión.
- Mantenimiento y reparaciones más complejos y demorados.
- Susceptibilidad a la humedad y a daños por roedores.
- Uso de conductores aislados con múltiples capas protectoras.

Las principales consideraciones para conductores subterráneos son la selección basada en condiciones de operación (humedad, temperatura) y necesidades de protección mecánica. También está la influencia del diseño en la ruta de circuitos y posibles ampliaciones futuras. Por otro lado, se tiene la evaluación de capacidad de conducción de corriente bajo diversas condiciones. Además, respecto de la instalación de cables directamente enterrados el autor explicó que es preferida en áreas con menos obstáculos, como jardines o terrenos abiertos.

Entre sus ventajas está una mayor capacidad de disipación térmica, menor exposición a daños mecánicos, instalación más rápida y segura, y menor costo que otras configuraciones. Adicionalmente, las redes subterráneas son ideales para entornos urbanos densos, ofreciendo confiabilidad y estética superior, aunque su implementación requiere mayor inversión y planificación cuidadosa.

El texto de Acosta (2020), abordó la creciente adopción global de tecnologías constructivas sin zanja, como la Perforación Horizontal Dirigida (PHD), que se utiliza para instalar ductos en proyectos de infraestructura (agua potable, alcantarillado, gas, comunicaciones). Aunque esta técnica es versátil y eficiente, su aplicación en Ecuador es limitada debido al desconocimiento de sus beneficios, la ausencia de normativas técnicas y legales, y la falta de buenas prácticas de gestión.

Entre los problemas identificados estuvieron el desconocimiento de la PHD frente a métodos tradicionales, la falta de normas y regulaciones en Ecuador, la mala

gestión en proyectos que emplean esta técnica, lo que genera riesgos, sobrecostos y pérdida de calidad. Ante ello la solución propuesta fue desarrollar una guía de buenas prácticas basada en el PMBOK® (6ta edición), un estándar internacional de gestión de proyectos. Esto permitirá, entre otras cosas, planificar y ejecutar proyectos con PHD de forma profesional, reducir riesgos y mejorar la calidad y eficiencia en proyectos de infraestructura, facilitar la adopción de la PHD en Ecuador pese a la falta de normativa local.

La metodología del autor se basó en consultar expertos locales en construcción, analizar datos históricos y estadísticas de obras realizadas con PHD, especialmente en Brasil, para comparar con métodos tradicionales. Por lo tanto, la implementación de esta guía basada en estándares internacionales proporcionará a las empresas constructoras las herramientas necesarias para aprovechar los beneficios de la PHD, fomentando su uso en Ecuador y mejorando la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura.

Con referencia a parte económica, el texto resaltó los problemas asociados con las técnicas constructivas convencionales (zanja abierta), que generan impactos significativos en el entorno, como altos costos por la necesidad de mitigar daños y trabajar en horarios nocturnos, lo que incrementa gastos en mano de obra, logística y materiales, así como riesgos de seguridad, incluyendo accidentes para peatones y vehículos, y daños a infraestructura existente como tuberías, calzadas, aceras y viviendas. También el impacto económico local, debido al cierre prolongado de vías, lo que puede llevar a la quiebra de comercios cercanos a las obras.

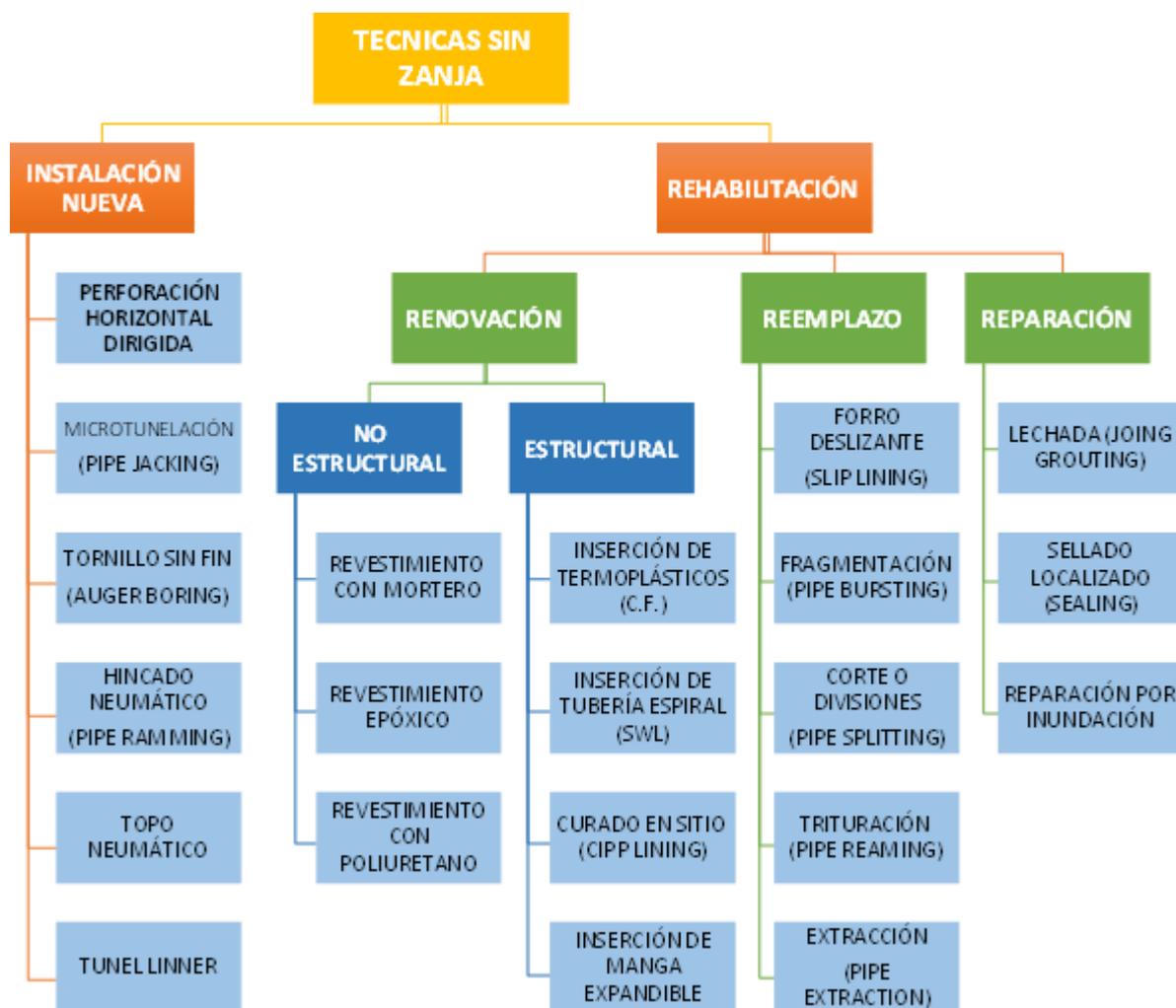
Por otro lado, las tecnologías sin zanja, como la Perforación Horizontal Dirigida (PHD), ofrecen soluciones menos invasivas, pero su implementación en Ecuador enfrenta desafíos importantes tales como altos costos iniciales de inversión en maquinaria y equipos, capacitación especializada, que usualmente debe realizarse fuera del país. Por ello, el autor concluyó que aunque las tecnologías sin zanja son una alternativa más sostenible y menos perjudicial para el entorno, los costos y la falta de personal capacitado limitan su adopción en Ecuador.

Finalmente, el autor dijo que las tecnologías sin zanja, reconocidas por la ONU como ecológicas y sostenibles, presentan múltiples ventajas frente a las técnicas tradicionales de construcción con zanja abierta. Según la IBSTT (2018), estas

tecnologías benefician al medio ambiente y la sociedad, reduciendo ruido, polvo, escombros y emisiones de CO₂ en un 20%, disminuyen costos hasta en un 25% y la duración de las obras en un 30%. promueven la economía circular, al minimizar el consumo de recursos naturales y favorecer soluciones limpias y eficientes; y reducen el impacto social y ambiental en un 80% y los accidentes en un 70%.

Sin embargo, en Ecuador, su adopción es limitada. Una búsqueda reveló que solo cinco constructoras ofrecen servicios de perforación horizontal dirigida (PHD), pero ninguna tiene este método registrado como actividad principal. Esto evidencia la baja implementación de tecnologías sin zanja en el país, pese a sus múltiples beneficios.

Figura 2: Procedimientos en función del uso.



Fuente: Acosta (2020)

Otorongo (2024), sostuvo en su investigación que las redes soterradas son sistemas de distribución eléctrica cada vez más adoptados por razones estéticas y

funcionales, especialmente en zonas urbanas. Aunque enfrentan desafíos técnicos y económicos, su implementación está ganando relevancia en Ecuador y el mundo.

Los casos en Ecuador incluyen diseños que llegaron a la fase de ejecución en distintos lugares del país tales como Tena (Napo) en donde se diseñó una red soterrada en el barrio Eloy Alfaro para mejorar la calidad del servicio eléctrico y reducir problemas como variaciones de voltaje y contaminación visual. Loja, en el Centro Histórico, se construyó una red soterrada conforme a la normativa técnica de EERSSA, utilizando una topología en anillo para medio voltaje y radial para bajo voltaje, garantizando mayor confiabilidad y estética. Latacunga (Cotopaxi), en el Centro Histórico, se reemplazó una red aérea obsoleta de 40 años, mejorando la calidad del servicio, reduciendo pérdidas de potencia y aumentando la confiabilidad.

Por otro lado, en el contexto internacional, por ejemplo, en la Unión Europea, desde 2003 se promovido el soterramiento de redes de medio y bajo voltaje, dado que estas representan menores complejidades técnicas. Las redes de alto y extra alto voltaje tienen un porcentaje de soterramiento muy bajo debido a sus altos costos y dificultad técnica.

Entre las ventajas figuran que mejora la confiabilidad del servicio, reduce de pérdidas de potencia y de interrupciones; y genera un aporte estético y funcional a las ciudades. Por otro lado, los desafíos han sido los costos pueden ser de 3 a 10 veces superiores a los de una red aérea y requiere normativas técnicas estrictas y planificación detallada. Por ello, el soterramiento es cada vez más una necesidad técnica, superando el carácter estético, y representa un paso hacia infraestructuras más eficientes y confiables.

De acuerdo con el autor, en los últimos años, la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (EEASA) ha implementado un plan de soterramiento en diversas zonas de Ambato y cantones cercanos, con el objetivo de garantizar un suministro eléctrico de alta calidad durante los próximos 30 años. Estos proyectos también mejoran la estética urbana al eliminar la contaminación visual generada por cables aéreos.

Proyecto en el sector Ingahurco:

Ubicación: Sector tradicional de Ambato con predominancia de usuarios residenciales, además de comercios y centros educativos. Los límites del proyecto son:

Norte: Av. Las Américas y Haití.

Este: Jamaica y Canadá.

Sur: Av. Las Américas.

Oeste: Av. González Suárez.

Tabla 1: Tabla comparativa entre las redes aéreas.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Costos más bajos • Su construcción es más fácil debido a ser las más comunes • Mantenimiento sencillo • Detección más fácil de fallas • Menor tiempo de construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación visual • Menor confiabilidad • Presentan mayor inseguridad para los transeúntes • Menos estética a la vista de los transeúntes

Fuente: Otorongo (2024)

Tabla 2: Tabla comparativa entre las redes soterradas.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Presentan una confiabilidad mayor • Disminución de la contaminación visual provocando mejor estética en las calles • Mayor seguridad para los transeúntes • Menor exposición al vandalismo 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de construcción más elevado • Dificultad para la detección de fallas • Tiempos de reparación más largos • Mayor dificultad en los mantenimientos

Fuente: Otorongo (2024)

Además, dentro de las etapas del proyecto se resaltan los siguientes puntos:

- Análisis técnico inicial:
 - Evaluación de niveles de voltaje, pérdidas de potencia y flujos de energía utilizando el software CYMDIST.
 - Diagnóstico previo para diseñar la nueva red soterrada que sustituirá la red aérea de más de 30 años.
- Estudio de demanda:
 - Recopilación de datos desde el centro de control.

- Diseño de la red de medio y bajo voltaje.
- Dimensionamiento de conductores, ubicación de transformadores y cálculo de caídas de voltaje permisibles.
- Cumplimiento normativo:
 - Ajuste del diseño según la Regulación ARCERNR 02-2020, que establece estándares de calidad para la distribución y comercialización de energía eléctrica.

Este proyecto refuerza el compromiso de la EEASA con el desarrollo inclusivo y la modernización de la infraestructura eléctrica en beneficio de la comunidad y el entorno urbano.

Adicionalmente, el autor brindó criterios muy importantes para la construcción de redes soterradas y al respecto dijo que el diseño de una red soterrada debe cumplir con criterios de calidad del servicio, confiabilidad y seguridad, establecidos en las Guías de Diseño de la EEASA y la normativa del Ministerio de Energía y Minas (MEER). Es esencial realizar excavaciones para construir pozos, cámaras y ductos donde se alojarán los cables eléctricos, asegurando que no interfieran con otros servicios básicos como agua potable, gas y alcantarillado. Además, se deben respetar las distancias mínimas de seguridad y considerar el espacio disponible en la calle para realizar las excavaciones, utilizando maquinaria pesada o trabajo manual si es necesario.

Por ello destacó también aspectos importantes en la construcción tales como:

- **Construcción de Cámaras:** El terreno debe ser adecuado para evitar accidentes, y se recomienda seguir la norma GPE-INEN 012-1978 para evitar derrumbes.
- **Puesta a Tierra en Cámaras de Transformación:** Antes de fundir la losa, se debe realizar la puesta a tierra con cable de cobre de al menos 2/0 AWG, utilizando varillas recubiertas de cobre. La resistencia debe ser inferior a 5 ohmios.

Para dimensionar adecuadamente las zanjas, se utiliza la fórmula:

Ecuación 1: Fórmula para dimensionar las zanjas del soterramiento.

$$Bd = N * D + (N - 1)e + 2x$$

Fuente: Otorongo (2024)

- **Bd:** Ancho de la zanja
- **N:** Número de tubos horizontales
- **D:** Diámetro del tubo
- **e:** Espacio entre tubos (mínimo 5 cm)
- **x:** Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (mínimo 10 cm).

Además, la profundidad de las canalizaciones está normada según el tráfico vehicular de la zona, y debe ser ajustada conforme a las regulaciones pertinentes.

Tabla 3: Profundidad recomendada para la canalización de la red.

Localización	Profundidad mínima (m)
Lugares no transitados por vehículos	0,6
Lugares transitados por vehículos	0,8

Fuente: Otorongo (2024)

Cruz y Díaz (2024), explicaron que el soterramiento de redes de servicios públicos se ha vuelto una necesidad debido a la baja confiabilidad de las redes aéreas, la contaminación visual que generan y los riesgos para la seguridad de las personas. Actualmente, en Ecuador el 98% de las redes son aéreas, lo que provoca frecuentes interrupciones en el suministro de energía, especialmente por condiciones climáticas adversas, como fuertes vientos y lluvias. Estas fallas afectan a los usuarios y generan problemas en la distribución eléctrica, el alumbrado público y las telecomunicaciones.

El soterramiento, impulsado por normativas ambientales, busca reducir el impacto visual, minimizar pérdidas de energía, disminuir costos de mantenimiento y mejorar la calidad del suministro eléctrico. Este proceso también contribuye a embellecer las áreas urbanas y aumenta la confiabilidad del sistema eléctrico al eliminar problemas comunes en las redes aéreas. Por ejemplo, un informe de 2004 de Victoria Citi muestra que el 70% de los cortes de energía son causados por redes aéreas, frente al 30% asociado a redes soterradas.

La Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP) ha trabajado en proyectos de soterramiento para garantizar redes eléctricas en óptimas condiciones a nivel nacional, permitiendo a la población acceder a un servicio eléctrico más confiable y seguro, cumpliendo con estándares de eficiencia y sostenibilidad.

De acuerdo con los autores, las redes de distribución soterradas son una infraestructura subterránea que mejora la confiabilidad y calidad del suministro eléctrico, eliminando contaminación visual y reduciendo riesgos de accidentes por contacto con vegetación, vehículos altos y animales. Aunque su construcción en zonas urbanas es más costosa, ofrecen mayor seguridad y eficiencia en comparación con las redes aéreas.

Los elementos clave del diseño y construcción de redes soterradas son:

Obra civil: Los modelos de infraestructura permiten visualizar el trazado y prever obstáculos. Es esencial coordinar con empresas de servicios para garantizar la correcta instalación de sistemas asociados como agua potable, alcantarillado, y telefonía.

Zanjas: Deben ser lo más estrechas posible para minimizar daños a las aceras. El fondo debe estar nivelado, libre de objetos que puedan dañar los conductos, y su tamaño y profundidad dependerán del diseño. En caso de daño a otros servicios, las reparaciones deben ser inmediatas.

Además, en este tipo de obras ha sido siempre importante considerar Intersecciones con otros servicios tales como tuberías de agua y alcantarillado en donde es prudente tener una separación mínima de 20 cm; reforzar con hormigón si es necesario. Líneas telefónicas donde debe existir separación paralela de 40 cm y de 15-20 cm en intersecciones. Luego, conductores eléctricos en los cuales debe haber separaciones mínimas de 0,19 m (tensión intermedia) y 0,25 m (baja tensión entre diferentes entidades).

Por otro lado, en cruces en calles los cables deben estar enterrados al menos a 1 metro de profundidad, protegidos con tubos y una base de concreto. Mientras, las cámaras de transformación, ha sido diseñadas para cumplir estándares de seguridad como protección contra inundaciones, buen acceso, ventilación adecuada y facilidad

para extinguir incendios. Su tamaño y diseño dependen del equipo instalado y los parámetros normativos.

Tipos de cámaras:

- Cámara de transformador.
- Cámara de bus ramal.
- Cámara de conmutación.

Las redes soterradas son una solución integral que mejora la confiabilidad del servicio eléctrico, reduce riesgos y embellece las áreas urbanas, aunque requieren una planificación cuidadosa para coordinar con otras infraestructuras y cumplir normativas técnicas.

Adicionalmente, los autores proporcionaron una referencia muy importante sobre las distancias de profundidad de excavación de las zanjas para la red soterrada.

Tabla 4: Medidas de excavación para las zanjas que albergarán los conductos.

Conducto	Número conductos	Cantidad de filas	Número columnas	Ancho (m)	Profundidad vereda (metro)	Profundidad vía (metro)
1	2	1	2	0.37	0.61 m	0.92 m
2	3	1	3	0.53	0.61 m	0.92 m
3	4	1	2	0.37	0.77 m	1.07 m
4	6	1	3	0.37	0.93 m	1.23 m
5	9	1	3	0.53	0.93 m	1.23 m

Fuente: Cruz y Díaz (2024)

El texto de los autores también abordó aspectos clave relacionados con la cimentación de transformadores tipo pad mounted, la instalación de redes soterradas y los pozos de mantenimiento necesarios para garantizar su operatividad.

Explicaron que la cimentación de transformadores debe ajustarse al modelo del transformador, asegurando una base de 20 cm de amplitud y extensión. Para su construcción se recomienda:

- Ubicar el transformador en áreas que no obstruyan el tráfico peatonal o vehicular, según las pautas del NEC.
- Proveer suficiente espacio para maniobras y mantenimiento técnico.

- Compactar el terreno y usar grava para evitar asentamientos y facilitar la evacuación de fluidos.
- Utilizar concreto con una resistencia mínima de 215 kg/cm².

Al respecto de los pozos de mantenimiento dijeron que las cámaras de inspección son esenciales para manejar cables durante el empalme, reparación y reemplazo. Estas deben cumplir con especificaciones técnicas, construirse con hormigón armado o ladrillo, y prever drenaje adecuado para evitar inundaciones. En terrenos inestables, se requiere mayor excavación y uso de material pétreo para reforzar la estructura.

Los autores concluyeron entonces que en la actualidad el soterramiento es cada vez más necesario debido a la sobrecarga y fallas en las redes aéreas existentes. Su implementación mejora la calidad del suministro eléctrico, reduce caídas de voltaje y elimina problemas visuales en áreas urbanas. Las redes soterradas son comunes en proyectos de bajo voltaje y urbanizaciones, destacándose por su alto rendimiento, menor costo de mantenimiento, confiabilidad y protección.

El principal desafío es el alto costo de instalación, especialmente en entornos urbanos, debido a componentes específicos y estándares de calidad. Comparativamente, estas redes son más costosas que las aéreas, aunque ofrecen mayores beneficios a largo plazo. De esta forma, la transición hacia redes soterradas requiere optimización en costos sin comprometer la calidad, explorando alternativas que permitan su implementación en entornos urbanos y rurales.

Sinchico (2022), presentó un análisis sobre el soterramiento de redes eléctricas como una solución a los problemas asociados con las redes aéreas, tales como fallas eléctricas, contaminación visual, inseguridad, y altos índices de mantenimiento. El autor destacó puntos tales como la evolución e implementación desde 1890 de las redes soterradas y que han sido reconocidas por su mayor confiabilidad, continuidad del servicio y seguridad.

Con el crecimiento de la demanda eléctrica, se han desarrollado estudios que muestran los beneficios del soterramiento en términos de reducción de fallas, pérdidas eléctricas y mejora de la seguridad. Por ello, fue enfático en fundamentar sus aseveraciones mediante investigaciones relevantes en las cuales existen

implementaciones como el diseño de una red soterrada para un campus universitario, logrando una reducción de fallas del 75% y mejoras en seguridad y conservación ambiental. También, otras investigaciones propusieron redes soterradas para mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico, resaltando desafíos como mayores tiempos de mantenimiento.

Por otro lado, ciertas investigaciones enfocaron sus estudios en redes soterradas para áreas urbanas y campus universitarios, destacando beneficios como seguridad, reducción del impacto visual y continuidad del servicio. Así también el diseño redes soterradas para el centro histórico de Ibarra, utilizando herramientas como ArcGIS y CYMDIST para optimizar el diseño.

Sin embargo, el autor destacó que es necesario resolver ciertas desventajas de las redes aéreas como, por ejemplo, su alta susceptibilidad a fallas por fenómenos naturales (tormentas, rayos) o contacto con objetos, animales y vegetación. Su contaminación visual y deterioro por corrosión climática, reduciendo la vida útil de los equipos, y, evidentemente, su mayor impacto técnico y económico en caso de fallos prolongados.

Además, la Universidad Técnica del Norte enfrentaba los problemas asociados con redes aéreas, incluyendo fallas frecuentes y cortes de energía que afectan actividades académicas y administrativas. El soterramiento de las redes se presentó como una solución para modernizar el sistema, reducir interrupciones, mejorar la estética y aumentar la seguridad. El soterramiento de redes eléctricas no solo moderniza el sistema de distribución, sino que también mitiga problemas técnicos, económicos y ambientales asociados con las redes aéreas. Su implementación en la UTN podría ser clave para superar las limitaciones actuales y mejorar la continuidad del servicio.

El autor proporcionó también un diseño de la malla de puesta a tierra para el centro de transformación 3 (CT-3) cumple con la normativa IEEE Std 80-2000 según los cálculos presentados, y no requiere tratamiento adicional al terreno. Además, entre sus características principales brindó una tabla de requerimientos.

Tabla 5: Características de la malla a tierra.

Características de la Malla	
Ancho	10 m
Largo	2 m
Área	20 m ²
Profundidad	1,2 m
# de Varillas	6
Longitud De La Varilla	1,8 m
Espaciamiento (y)	2 m
Espaciamiento (x)	5 m
Conductores a lo Ancho	3
Conductores a lo Largo	2
Longitud Total Del Conductor	36,80 m

Fuente: Sinchico (2022)

2.2 Conceptos

2.2.1 Soterramiento

Alarcón y Freire (2023), explicaron que la situación del sector eléctrico en Ecuador, específicamente el Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) y la distribución de energía en zonas urbanas en crecimiento. Los autores analizaron la problemática de la urbanización La Joya, donde el 80% de las etapas aún utilizan redes eléctricas aéreas desnudas, lo que genera inconvenientes estéticos, de seguridad y funcionalidad, agravados por el aumento de residentes y servicios.

Como solución, se propuso migrar a una red eléctrica subterránea, destacando su confiabilidad, menor tasa de fallos, mejora estética y seguridad, aunque implicaba altos costos iniciales compensados por un mantenimiento reducido y mejor calidad del servicio.

El proyecto incluiría un análisis técnico de las redes actuales, la demanda eléctrica proyectada a 20 años y el cumplimiento de normativas vigentes, con estudios basados en registros históricos y la situación actual de la urbanización.

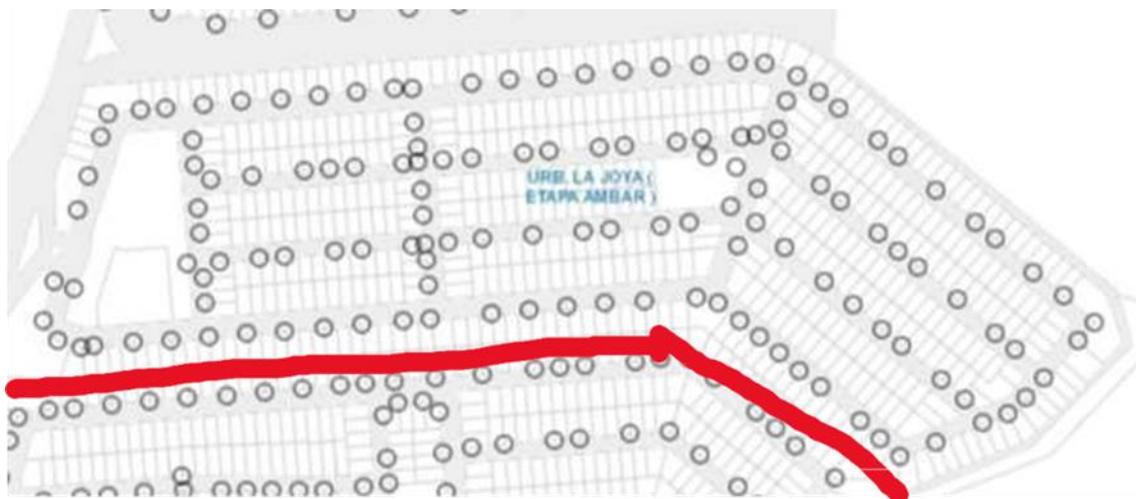
El texto, además, explica que los sistemas de distribución subterránea son preferibles en áreas donde los sistemas aéreos no son adecuados por razones de urbanización, estética, congestión o seguridad, y compiten con los sistemas aéreos

en zonas urbanas centrales. Entre las ventajas de las redes subterráneas destacan: su resistencia a los daños comunes en redes aéreas, su contribución a mantener la estética urbana, mayor seguridad al evitar contacto con personas o animales, menor susceptibilidad a daños y la reducción de ciertos programas de mantenimiento preventivo como el recorte de vegetación o limpieza.

Además, los autores describieron herramientas tecnológicas enfocadas en información geográfica y diseño técnico. Un portal geográfico web proporciona acceso y visualización de datos geoespaciales a través de navegadores. Google Earth permite explorar el mundo virtualmente mediante imágenes satelitales superpuestas. Por otro lado, AutoCAD es un software estándar para arquitectos e ingenieros, utilizado en la creación de planos y diseños precisos en 2D y 3D, abarcando proyectos arquitectónicos, industriales, mecánicos, gráficos e ingenieriles. Es una herramienta versátil y ampliamente adoptada en diversas áreas técnicas.

El soterramiento de redes de servicios se considera una necesidad actual debido a su impacto positivo para usuarios y operadores. Aunque los sistemas soterrados ofrecen alto rendimiento, menor costo de mantenimiento y mayor confiabilidad, enfrentan el desafío de una inversión inicial elevada debido al costo superior de los materiales y componentes. Además, las líneas aéreas suelen ser más económicas de actualizar, y el soterramiento en áreas urbanas tiene un costo unitario mayor que en zonas abiertas.

Figura 3: Ubicación de postes.



Fuente: Alarcón y Freire (2023)

El diseño de sistemas soterrados utiliza herramientas como AutoCAD, Etap y Dialux para simular flujos de carga y cortocircuitos, asegurando una adecuada dimensión de transformadores y ubicación precisa de postes de alumbrado público. Sin embargo, en áreas con transformadores, la alta densidad de postes genera contaminación visual y problemas de voltaje, temperatura y estética. Reducir los costos adicionales del soterramiento es clave para su implementación más generalizada.

El soterramiento es la acción de trasladar bajo la superficie cierta infraestructura o elementos de red, por medio de obra civil construida para este fin. Además, el soterramiento de los cableados de telecomunicaciones es una estrategia para mejorar las infraestructuras urbanas, optimizar la calidad de los servicios y asegurar la seguridad urbana. Este proceso implica traslados de cables aéreos y el diseño, construcción y operación de infraestructuras subterráneas destinadas a albergar cables de fibra óptica, coaxiales y de cobre, reemplazando las instalaciones aéreas tradicionales.

2.2.2 Redes de Distribución

El artículo de Amaya y Campaña (2022), abordó la relación entre el crecimiento económico y el aumento en el consumo energético, destacando la necesidad de una adecuada planificación para garantizar que el sistema eléctrico pueda expandirse y operar eficientemente, suministrando energía de calidad al menor costo. La planificación enfrenta desafíos crecientes debido a la dinámica de la demanda, la incorporación de cargas desbalanceadas y la generación distribuida, lo que hace esencial diseñar redes con topologías óptimas que soporten incrementos de potencia y demanda, manteniendo las caídas de voltaje dentro de los estándares regulatorios.

El diseño actual de redes de distribución eléctrica se basa en la experiencia del diseñador y se enfoca principalmente en la caída de tensión, dejando de lado otros parámetros técnicos importantes como desbalance de carga, pérdidas de potencia, flujos de potencia y factores económicos. En respuesta, se propone una metodología alternativa basada en optimización, que minimiza costos de construcción de la red mientras cumple restricciones técnicas, integrando los aspectos técnicos y económicos para un diseño más eficiente.

El trabajo se organizó en secciones: formulación del problema, análisis de resultados y conclusiones, desarrollando una propuesta que buscó mejorar el planeamiento y diseño de sistemas eléctricos de distribución. Además, el texto presentó una metodología para el diseño optimizado de redes eléctricas de distribución, enfocado en reducir costos y mejorar el desempeño técnico. El diseño propuesto, basado en modelos de optimización y teoría de grafos, logró reducir en 409 metros la longitud de la red de media tensión (MT) respecto al diseño clásico, con un ahorro de 14.315 USD y la instalación de un transformador menos (6 en lugar de 7). Adicionalmente, el alimentador primario se optimizó a 778 metros, reduciendo significativamente los costos de construcción.

El modelo determinó la ubicación óptima de transformadores y rutas de alimentación mediante simulaciones en CYMEDIS, logrando mantener parámetros eléctricos dentro de límites permitidos: caídas de voltaje menores al 0.6%, índices de cargabilidad máximos del 82.1% en transformadores, y líneas con carga inferior al 4.3%. También se integraron aspectos técnicos y económicos, apoyándose en herramientas georreferenciadas para representar datos reales.

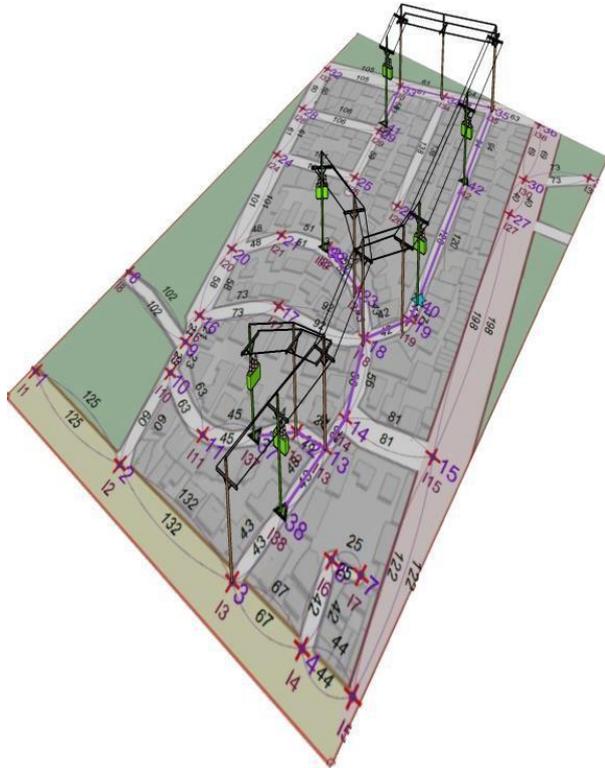
Aunque la metodología ofrecía soluciones económicas óptimas, estas no siempre fueron técnicamente ideales. Por ello, se iteraron ajustes hasta cumplir con los estándares técnicos de la empresa distribuidora. Se sugirió como trabajo futuro analizar parámetros eléctricos con mayor detalle y considerar demandas variables para representar diferentes tipos de usuarios, mejorando así la planificación y expansión de redes eléctricas de distribución.

Se identificaron 36 sitios candidatos para transformadores y se seleccionaron 6 ubicaciones óptimas, considerando capacidad y cobertura. También se optimizó la ruta del alimentador primario de media tensión. Con el software CYMEDIS, se modeló la red obteniendo parámetros como caída de tensión, cargabilidad de transformadores y líneas, y flujos de potencia, mejorando la precisión respecto al diseño tradicional.

La metodología permitió integrar aspectos técnicos y económicos, validando diseños en un entorno georreferenciado. En caso de no cumplir parámetros eléctricos, se replantean las ubicaciones de transformadores y rutas para lograr un diseño óptimo. Se propone como trabajo futuro analizar parámetros eléctricos

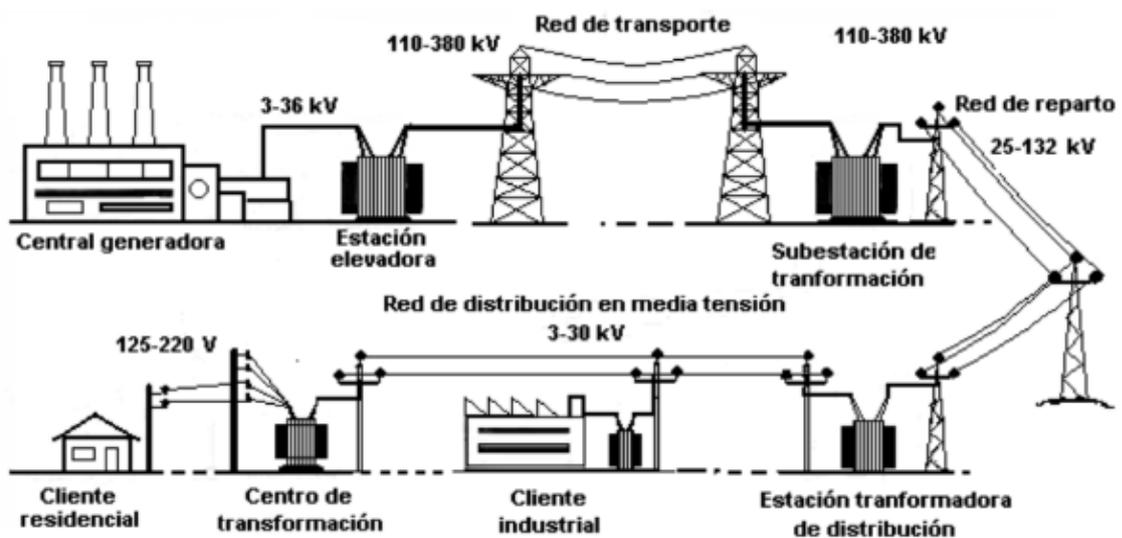
detalladamente y considerar demandas variables para mejorar la planificación de la expansión de redes de distribución.

Figura 4: Planeación óptima de la expansión de redes de distribución.



Fuente: Amaya y Campaña (2022)

Figura 5: Sistema de distribución de energía eléctrica.



Fuente: Cruz y Díaz (2024)

Un sistema de distribución ayuda a garantizar la conectividad eléctrica y de telecomunicaciones en todo el país. Este modelo, ampliamente utilizado tanto en áreas urbanas como rurales, se caracteriza por su bajo costo de instalación y mantenimiento en comparación con los sistemas subterráneos. Sin embargo, enfrenta desafíos relacionados con el impacto visual, la vulnerabilidad ante condiciones climáticas extremas, y la saturación de cables en zonas de alta densidad. A pesar de estas limitaciones, el sistema de cables aéreos sigue siendo una solución predominante, especialmente en regiones donde los recursos y las condiciones geográficas dificultan otras alternativas.

2.2.3 Red de Distribución Aérea

Huanaco (2024), planteó la necesidad de establecer un procedimiento para la instalación y retiro de cables de telecomunicaciones en la infraestructura de la Concesionaria de Distribución Eléctrica SEAL en Arequipa. Esto se debe a que, en muchos casos, las empresas de telecomunicaciones no respetan los lineamientos establecidos en el Código Nacional de Electricidad - Suministro 2011, lo que ha generado riesgos eléctricos que han comprometido la seguridad de la población.

El texto aborda la problemática y las normativas relacionadas con la compartición de infraestructura para cables de telecomunicaciones en el Perú, especialmente en el contexto de las empresas concesionarias de energía eléctrica. La Ley N°28295 obliga a las concesionarias a compartir infraestructura, pero la creciente demanda de más de 300 empresas de telecomunicaciones, incluyendo 150 en Arequipa, ha generado insuficiencia en los postes disponibles. Esto lleva a la instalación no autorizada de cables, aumentando el riesgo eléctrico debido al esfuerzo mecánico y el incumplimiento de distancias de seguridad, lo que resulta en sanciones para los propietarios de la infraestructura.

El trabajo propuso dos procedimientos para regular la instalación y el retiro de cables de telecomunicaciones en la infraestructura de SEAL, enfocados en cumplir las distancias de seguridad estipuladas y evitar riesgos eléctricos. Esta iniciativa surge tras un accidente mortal en Socabaya causado por un cable de telecomunicaciones energizado que incumplía dichas normas.

La inspección de postes de SEAL reveló una gran cantidad de cables que no respetan las distancias de seguridad, algunos de ellos en desuso y mal sujetos, lo

que aumenta el riesgo eléctrico. Actualmente, más de 150 empresas de telecomunicaciones tienen concesión en Arequipa, y el MTC sigue otorgando nuevas concesiones sin límite, incrementando la saturación de infraestructura. Además, las restricciones municipales para instalar nuevos postes obligan a las empresas eléctricas a alquilar su infraestructura a las empresas de telecomunicaciones.

La sobresaturación de los postes eléctricos genera riesgos por el exceso de esfuerzo mecánico, incumplimiento de las distancias mínimas de seguridad y multas a las distribuidoras eléctricas como SEAL por parte de OSINERGMIN. Sin embargo, las empresas de telecomunicaciones carecen de un fiscalizador directo y no enfrentan sanciones por incumplir las normativas, lo que agrava la problemática.

La autora brindó conceptualizaciones breves sobre las definiciones clave relacionadas con telecomunicaciones y distribución eléctrica en Perú:

Concesión de telecomunicaciones: Es una autorización otorgada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para ofrecer servicios de telecomunicaciones y radiodifusión por hasta 30 años con cobertura nacional.

MTC: Es el organismo encargado de desarrollar los sistemas de transporte y la infraestructura de telecomunicaciones del país.

SEAL: Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A., distribuye y comercializa energía eléctrica en Arequipa, controlada por el Estado peruano a través del FONAFE.

OSIPTEL: Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones, regula y supervisa el mercado de telecomunicaciones en Perú.

OSINERGMIN: Es el organismo que supervisa la seguridad y calidad de los servicios de electricidad y combustibles en Perú.

Infraestructura eléctrica: Conjunto de instalaciones para distribuir energía eléctrica, promoviendo el acceso, desarrollo económico y eficiencia energética.

Postes de energía: Estructuras utilizadas para sostener líneas eléctricas aéreas y otros equipos relacionados.

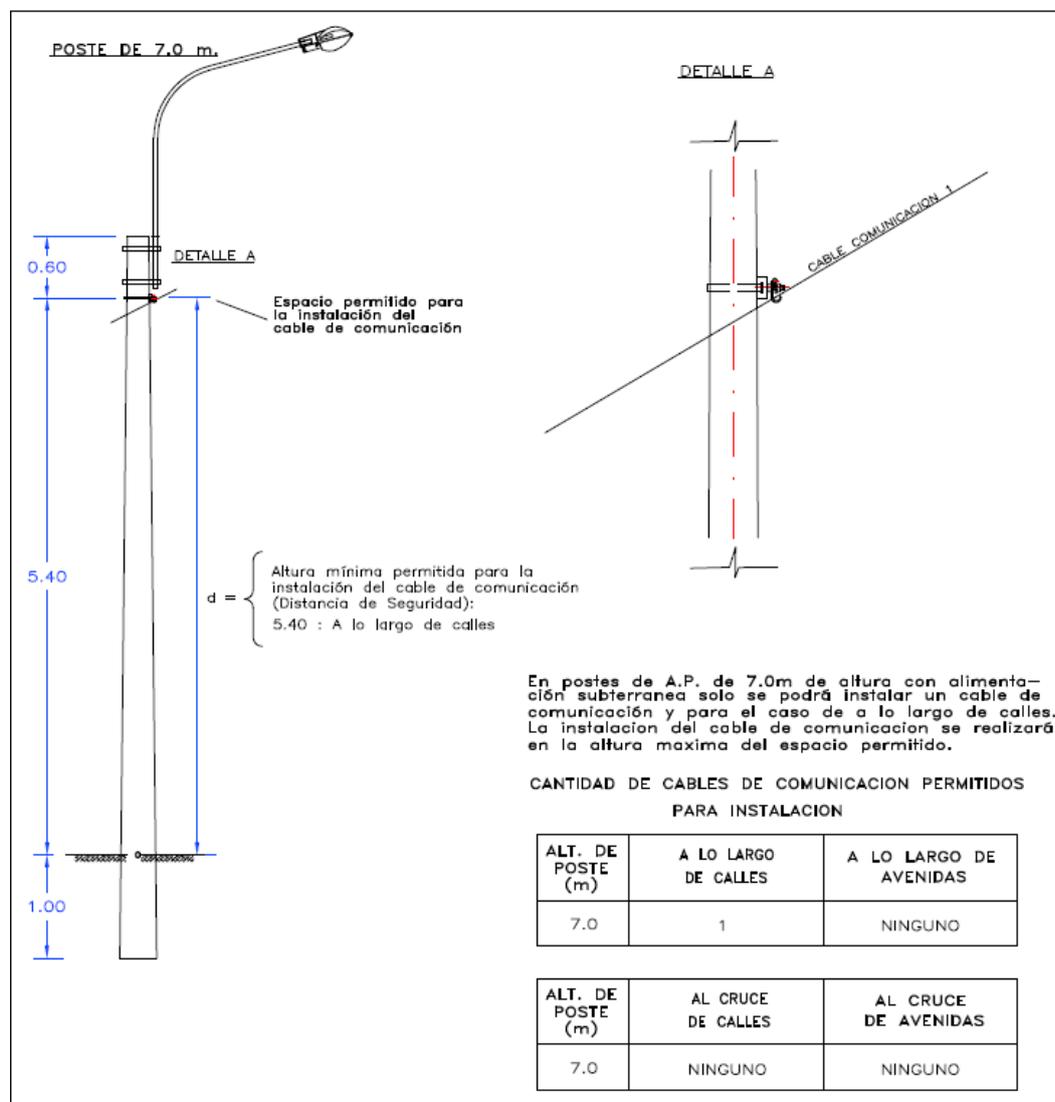
Red de baja tensión: Opera en voltajes de hasta 1 kV, utilizada para electrodomésticos en hogares.

Red de media tensión: Funciona con voltajes entre 1 y 35 kV, conforme a normas internacionales.

Distancias mínimas de seguridad: Son los espacios seguros entre personas o edificaciones y redes eléctricas para evitar accidentes.

Adicionalmente, la autora proporcionó una breve guía de procedimientos para evidenciar desde el punto de vista administrativo, el uso y gestión del cableado aéreo y cómo las empresas proveedoras tanto de energía como de redes de telecomunicaciones acceden a un espacio dentro del entramado de cables aéreos.

Figura 6: Esquematación de los postes.



Fuente: Huanaco (2024)

El proyecto de acceso y uso compartido de infraestructura comienza con el levantamiento de información detallada sobre el área de interés, siguiendo un formato

específico. La información mínima incluye solicitud de acceso, identificación del solicitante, detalles de la infraestructura pública a la que se solicita acceso, y registros de postes, redes y posibles transformaciones necesarias.

Este proceso incluye la inspección de campo por parte de una contratista designada, quien emite un informe sobre la viabilidad del proyecto y cualquier modificación necesaria. Si no hay observaciones, se aprueba el proyecto y se emite una carta de autorización para la ejecución del mismo. Durante la ejecución, se requiere un informe fotográfico detallado, que incluya imágenes antes y después de la instalación, distancias de seguridad, y etiquetas de identificación de los cables.

Finalmente, la facturación de los proyectos aprobados se realiza consolidando la información sobre la cantidad de estructuras compartidas, el precio unitario y otros detalles, y se envía al equipo de cobranzas de la gerencia comercial.

Otros autores, sobre las redes aéreas, expresaron que el despliegue de redes de comunicaciones por vía aérea ha sido históricamente el más usado debido, principalmente a su facilidad de implementación.

Este enfoque se caracteriza por el uso de conductores desnudos montados sobre aisladores montados en barras transversales unidas a postes de hormigón y se considera rentable. A lo largo de los años, la infraestructura de distribución aérea ha ayudado a transmitir electricidad desde las zonas urbanas a las rurales. Sin embargo, incorporar nuevos usuarios a una red de distribución de manera apresurada y desorganizada sin una estrategia adecuada afectará negativamente la seguridad y confiabilidad del sistema.

Figura 7: Trabajador de empresa eléctrica lidiando con las dificultades que presenta el cableado aéreo



Fuente: AEPSAL (s.f.)

2.2.4 Red de Distribución Soterrada

Zapata (2022), describió la evolución de los sistemas de distribución eléctrica, destacando la necesidad de modificar y repotenciar las redes para satisfacer el aumento de la demanda y apoyar el desarrollo social, comercial e industrial. Se menciona que, a medida que las redes de distribución cambian de aéreas a soterradas, se mejora la seguridad y confiabilidad de la red, aunque estas últimas tienen costos más elevados debido a los materiales adicionales necesarios.

La iluminación artificial y la generación de electricidad se han vuelto indispensables en la sociedad, y el texto sugiere el uso de generación descentralizada mediante paneles fotovoltaicos para áreas de difícil acceso. Los sistemas autónomos basados en fotovoltaica requieren almacenamiento de energía, y se menciona el concepto de Micro-red, que puede operar de manera aislada o conectada a la red.

El proyecto propuesto busca diseñar una red de distribución de bajo voltaje soterrada en Ecuador, cumpliendo con las normativas vigentes y considerando el uso de micro-redes con generación fotovoltaica y almacenamiento, simulando el sistema con el software Homer Pro para optimizar la alimentación de energía.

El texto de la autor explicó que la función y características de las redes de distribución eléctrica, las cuales reparten la potencia generada a diferentes usuarios, que pueden ser comerciales, residenciales o industriales. Estas redes generalmente operan de manera radial, con un flujo unidireccional de energía, y representan el 80% de la inversión total de un sistema de potencia. Existen diferentes topologías para su implementación, como la red de distribución radial, que tiene un único trayecto desde la fuente a la carga y se utiliza en zonas rurales, y la red en anillo, que tiene dos trayectos para aumentar la fiabilidad del suministro.

En cuanto a las redes soterradas, su diseño es más complejo debido a la necesidad de recubrir los conductores con material aislante resistente a la corrosión y a los esfuerzos mecánicos. Además, se debe considerar la ubicación y topografía para el diseño de pozos, cámaras de revisión y ductos, asegurando la seguridad y durabilidad de los materiales.

Por otro lado, el estudio de demanda tiene como objetivo determinar la capacidad mínima de la fuente de alimentación o transformador necesario para

soportar la carga, ya sea comercial, residencial o industrial, mediante la medición o estimación de consumos eléctricos y el análisis de la demanda máxima de potencia.

El autor describió el diseño de una red de bajo voltaje soterrada en una zona rural, basado en la información de la red primaria cercana al proyecto. Este diseño tiene en cuenta las caídas de tensión y está dependiente de un solo transformador. La estimación de la demanda es esencial para dimensionar adecuadamente tanto el transformador como el calibre de los conductores por circuitos.

La migración de redes aéreas a soterradas ofrece beneficios estéticos y funcionales, aunque su implementación tiene costos más altos. Para un diseño óptimo, es necesario seguir los lineamientos de la empresa eléctrica distribuidora local.

El diseño de la iluminación se simula utilizando luminarias LED y planos a escala real, cumpliendo los estándares de iluminación exterior e interior, lo que proporciona una visualización de la futura implementación.

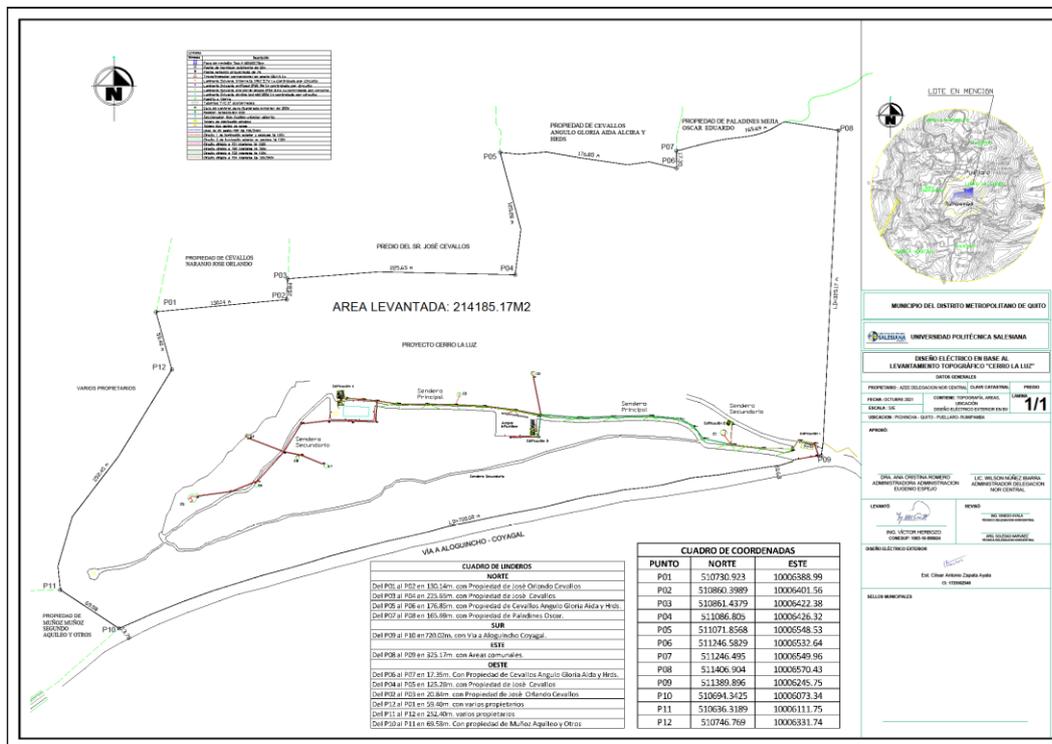
El texto también mencionó el desarrollo de modelos de generación de energía descentralizada, lo que permite sistemas más robustos, cercanos a las cargas, reduciendo las pérdidas de energía y aumentando la confiabilidad. Además, se destacó la importancia de una red eléctrica expandible que pueda integrar generación distribuida y nuevas cargas como vehículos eléctricos y cocinas de inducción. Para facilitar la interacción entre usuarios generadores y consumidores, se propone el análisis de modelos de mercado para la generación distribuida.

Finalmente, el autor brindó criterios recomendados para una red soterrada considerando que el diseño de la red de distribución es radial, lo que implica que todos los circuitos dependen del tablero de distribución principal, el cual debe recibir mantenimiento frecuente debido a su exposición a condiciones climáticas adversas. Es importante seguir los planos del diseño soterrado, que detallan la ubicación de los componentes y los parámetros técnicos para su futura implementación.

En cuanto al sistema de iluminación, el autor enfatizó que se debía utilizar luminarias LED o similares para asegurar que los resultados de la simulación sean realistas y que el consumo energético se mantenga dentro de los parámetros especificados.

Por lo tanto, sugirió realizar mantenimiento preventivo a los componentes de la Micro-red según las indicaciones del fabricante y considerando las condiciones más extremas para garantizar un suministro de energía confiable a las cargas.

Figura 8: Diseño de la red soterrada de bajo voltaje.



Fuente: Zapata (2022)

Una red subterránea de distribución cumple la misma función que las aéreas, solo que con diferentes características. La red subterránea es la que podemos encontrar dentro de zanjas, conductos o recintos que se encuentran bajo tierra.

Paguay (2021), también explicó que debe destacarse la importancia de la energía eléctrica en la vida cotidiana y la necesidad de contar con redes de transmisión y distribución eficientes. A nivel mundial, ha crecido la tendencia de sustituir las líneas eléctricas aéreas por redes subterráneas, debido a sus ventajas en seguridad, estética y reducción de pérdidas por conexiones clandestinas. Sin embargo, su implementación en Latinoamérica ha sido limitada por los altos costos iniciales.

En Ecuador, esta transición ha sido parcial, aplicándose principalmente en parques, centros históricos y proyectos urbanísticos, comerciales e industriales. En la ciudad de Ibarra, por ejemplo, algunas zonas cuentan con redes soterradas, como los

parques Pedro Moncayo y Ciudad Blanca, pero el centro de la ciudad aún enfrenta el problema de cables aéreos desordenados, especialmente de telecomunicaciones, afectando la estética y la confiabilidad del suministro eléctrico.

De acuerdo al autor, actualmente el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables respalda el uso de redes subterráneas, señalando que mejoran la modernización, seguridad, capacidad y confiabilidad del servicio eléctrico, además de contribuir a un entorno más limpio y ordenado.

Además, el texto del autor describió la importancia y funcionamiento del sistema de distribución eléctrica, donde convergen las redes de transmisión y se encuentran equipos para la reducción de voltaje y distribución de energía a los usuarios. Se ha estimado que más de la mitad de la inversión en un sistema eléctrico se destina a la distribución, debido a su complejidad, infraestructura y diseño especializado.

El sistema de distribución suministra energía a usuarios domésticos, comerciales e industriales y está compuesto por subestaciones, alimentadores primarios, transformadores, circuitos secundarios, luminarias, medidores y acometidas. Los alimentadores primarios transportan energía desde las subestaciones de distribución hasta los transformadores, operando en diferentes niveles de voltaje según el tipo de red.

Los transformadores de distribución convierten el voltaje de los alimentadores primarios en niveles utilizables por los usuarios finales, como 120/240 V en monofásico y 220/127 V en trifásico. Finalmente, las redes de distribución pueden ser aéreas o subterráneas, dependiendo de su disposición y necesidades del entorno.

Con respecto a las redes de distribución soterradas (subterráneas), el autor también dijo que las redes subterráneas de distribución cumplen la misma función que las redes aéreas, pero con características distintas, ya que los conductores se encuentran en zanjas, conductos o recintos bajo tierra. En este sistema, los postes solo se utilizan para luminarias, a diferencia de las redes aéreas, donde también soportan el cableado.

Este tipo de red es ideal para la distribución en media y baja tensión en zonas urbanas de alta y media densidad, así como en instalaciones industriales,

universidades y nuevas urbanizaciones. Según su instalación, las redes subterráneas pueden ser directamente enterradas, en canalizaciones entubadas, en galerías visibles o registrables, en bandejas o sujetas a la pared.

Desde 2013, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, junto con empresas distribuidoras, ha establecido una homologación para unificar especificaciones técnicas, codificación y construcción de estas redes. En este marco, se prioriza el uso de canalizaciones entubadas y se definen criterios para bancos de ductos, pozos, cámaras eléctricas, transformadores, seccionamiento, protección y tableros de distribución en baja tensión.

Son empleadas en zonas donde por razones de urbanismo, estética, congestión o condiciones de seguridad no es aconsejable el sistema aéreo. Actualmente el sistema subterráneo es competitivo frente al sistema aéreo en zonas urbanas céntricas.

El paso subterráneo de las redes de comunicaciones se realiza mediante ductos, realizados en base a tuberías de PVC colocadas en zanjas cuya profundidad de excavación depende del volumen a ser enterrado.

Figura 9: Proceso de soterramiento del cableado por medio de excavaciones y tuberías



Fuente: Guevara (2018)

En base a los autores citados, las redes de distribución subterráneas se diferencian de las aéreas principalmente en su diseño y ubicación, aunque ambas comparten la misma función de transportar energía eléctrica. Mientras que las redes aéreas tienen sus elementos visibles, las subterráneas se encuentran bajo tierra, ocultas en zanjas o conductos, lo que elimina su impacto visual. Este tipo de red es utilizado en zonas donde aspectos como el urbanismo, la estética, la congestión o la seguridad demandan una solución menos intrusiva y más integrada con el entorno, especialmente en áreas urbanas céntricas donde el sistema subterráneo se ha vuelto una opción competitiva frente al aéreo. Su instalación requiere técnicas especializadas, como la colocación de ductos de PVC en zanjas adecuadas, diseñadas según el volumen y las condiciones del terreno, garantizando así su funcionalidad y durabilidad.

2.2.5 Ventajas y Desventajas de Redes de Aéreas

Marco (2020), sostuvo que el impacto de una línea de transmisión de energía en las comunidades es esencial para mejorar la calidad de vida. Para garantizar su operación segura, se combinan las disciplinas de la ingeniería civil y eléctrica. La ingeniería civil se enfoca en la parte estructural y el estudio del suelo, mientras que la ingeniería eléctrica se encarga de los equipos, cálculos, materiales y planes de mantenimiento.

En proyectos de líneas eléctricas, especialmente cuando se considera la conversión de líneas aéreas a subterráneas, se deben realizar cálculos para diseñar los soportes y estructuras adecuadas. Es importante estudiar las ventajas y desventajas de ambas alternativas según su aplicabilidad.

El sistema eléctrico debe cumplir con normativas que aseguren el mantenimiento adecuado de las líneas, garantizando la continuidad del servicio y evitando impactos negativos como pérdidas económicas y conflictos en diferentes sectores. Para minimizar estos impactos, se deben implementar metodologías de mantenimiento adaptadas a las necesidades de las empresas, con planes y programas continuos que aseguren una alta confiabilidad.

El mantenimiento de líneas eléctricas es clave para mejorar la calidad del servicio y debe realizarse de manera especializada, con procedimientos

documentados, tanto en líneas energizadas como desenergizadas, para garantizar un suministro de energía estable y confiable.

Además, el autor dijo que si bien es cierto que existen dos formas de transportar electricidad: por líneas de transmisión aéreas o subterráneas. Las líneas aéreas tienen varias ventajas, como costos más bajos en instalación y materiales, la capacidad de transmitir energía a largas distancias, y una mayor facilidad para localizar fallas o daños. Además, el mantenimiento y la construcción de estas líneas son más sencillos, sin necesidad de excavaciones, y pueden instalarse en prácticamente cualquier zona, siempre que el terreno lo permita.

Según el autor, en España las redes de distribución de energía aérea son comunes debido a su bajo costo inicial de construcción y varias otras ventajas. Estas incluyen el uso de materiales fácilmente adquiribles, tiempos de construcción rápidos, costos reducidos y mantenimiento sencillo. Además, es fácil localizar fallas y reparar daños rápidamente. Son ideales fuera de las principales ciudades y en áreas con bajo consumo energético. Sin embargo, presentan desventajas como más averías (aunque menos graves), una duración de aproximadamente 25 años, y exposición a factores climáticos. También generan impacto visual, ruido, campos electromagnéticos y afectan a la avifauna.

La investigación de Ccompe y Cieza (2023), abordó problemas como la proximidad peligrosa entre conductores eléctricos y líneas de comunicación, contaminación visual, incumplimiento de distancias mínimas de seguridad, baja confiabilidad e inseguridad para los usuarios, además de facilitar conexiones clandestinas.

Se realizó un análisis técnico-económico para evaluar la conversión de la red aérea de baja tensión a una red subterránea. La tesis se estructura en siete capítulos que abarcan desde la identificación del problema hasta las conclusiones y referencias. Los resultados demostraron que la conversión es factible y se recomienda usar este estudio como referencia para futuros proyectos similares en concesionarias eléctricas, priorizando un análisis previo más exhaustivo.

Respecto de las ventajas, los autores explicaron que las redes de distribución aéreas destacan por:

Costo inicial bajo: No requieren apertura de zanjas ni cables aislados, lo que reduce significativamente los costos de instalación.

Fallas fáciles de localizar: Sus componentes visibles permiten identificar problemas rápidamente mediante inspección visual, lo que facilita y acelera las reparaciones.

Fallas momentáneas: Estas se identifican y solucionan fácilmente, ya que suelen ser causadas por factores como viento en vanos irregulares, contacto con ramas u objetos extraños, o construcciones clandestinas.

Mientras, al respecto de las desventajas expresaron que estas redes presentan mayor cantidad de fallas ya que influyen factores como condiciones ambientales, objetos extraños y edificaciones cercanas incrementan la frecuencia de fallas debido a la exposición de la red.

Poca estética: Deterioran el aspecto urbano, afectando la planificación y el crecimiento arquitectónico de las ciudades.

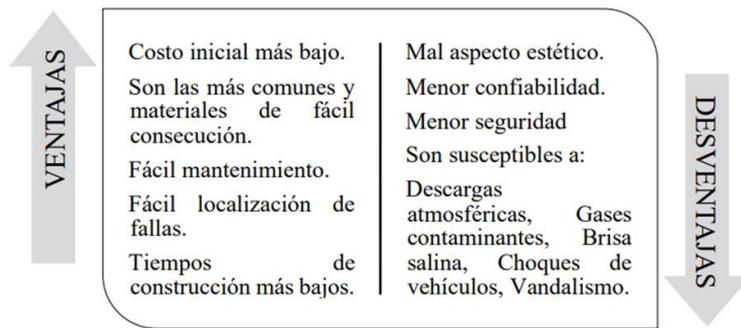
Propensión a fenómenos naturales: Fenómenos como descargas atmosféricas y lluvias generan fallas significativas, reduciendo la confiabilidad del sistema.

Mayor gasto de mantenimiento: La reparación constante de postes, aisladores, cables y poda de árboles incrementa los costos operativos, afectando la vida útil de los componentes. Además, localizar fallas en aisladores puede ser complejo y costoso.

Menor seguridad: Estas redes presentan mayores riesgos para las personas debido a su cercanía con construcciones clandestinas, aumentando el peligro de electrocución y complicando los trabajos de mantenimiento.

Caiza y Pilco (2022), realizaron un cuadro mu explicativo sobre las ventajas y desventajas de redes aéreas.

Figura 10: Ventajas y desventajas de redes de distribución aéreas.

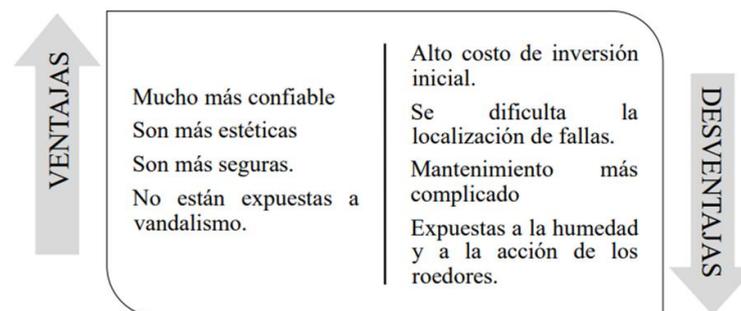


Fuente: Caiza y Pilco (2022)

2.2.6 Ventajas y Desventajas de Redes Soterradas

Por otra parte, Caiza y Pilco (2022), proporcionaron otro cuadro también sobre las ventajas y desventajas de las redes de distribución, pero enfocándose en las redes subterráneas.

Figura 11: Ventajas y desventajas de redes de distribución aéreas.



Fuente: Caiza y Pilco (2022)

El proyecto de maestría de Ledesma y Zambrano (2022), se centró en el diseño de un manual para la construcción y entrega de infraestructuras eléctricas soterradas en urbanizaciones residenciales. Este manual buscaba organizar detalladamente los procesos de electrificación de redes soterradas, cumpliendo con normas y regulaciones internacionales y nacionales como la NEC, ARCONEL, MEER, RTE INEN 141 y las normas IEC.

El objetivo principal fue garantizar proyectos sostenibles que protejan a las personas y al medio ambiente, mientras se estandarizan los procedimientos para futuras implementaciones. Este manual sería una herramienta de referencia para entidades y empresas que deseen realizar proyectos de soterramiento en el país, especialmente en zonas urbanísticas en expansión, como el sector de la Joya. Además, permitiría agilizar los procesos de electrificación al proporcionar

especificaciones claras y organizadas para satisfacer los requerimientos de estas urbanizaciones.

El texto abordó el objetivo de optimizar procesos de electrificación, mejorar la estética urbana y garantizar seguridad para los usuarios. Estas redes eliminan riesgos asociados a instalaciones aéreas y reducen contaminación visual. El sistema eléctrico incluye generación, transporte y distribución, con redes primarias y secundarias para llevar la energía al usuario final.

El manual propuesto estableció normativas nacionales e internacionales (NEC, ARCONEL, MEER, RTE INEN 141, IEC) para garantizar la sostenibilidad y seguridad. Su implementación promete mejorar indicadores de calidad del servicio eléctrico (TTIK y FMIK), reducir pérdidas técnicas y no técnicas, y proporcionar mayor seguridad y fiabilidad. Además, contribuirá al desarrollo urbanístico al ofrecer soluciones técnicas y estéticas adecuadas.

Adicionalmente, los autores explicaron la falta de manuales específicos en el país, proponiendo un diseño que sirva como referencia para futuros proyectos. Incluye controles internos para identificar errores y mejorar continuamente los procesos de construcción. Se enfatiza la importancia de considerar especificaciones técnicas y restricciones normativas para garantizar el éxito de las instalaciones soterradas y su compatibilidad con los requerimientos de las empresas regionales de electricidad.

Para los autores, el proyecto que propusieron generó excelentes ventajas para la construcción de redes subterráneas dado que el proyecto concluyó que en Ecuador no existe un manual específico para la construcción y entrega de infraestructuras eléctricas soterradas en urbanizaciones residenciales, lo que representa una oportunidad para desarrollar un documento que agilice los procesos administrativos y técnicos relacionados con la electrificación. Este manual se basa en un análisis exhaustivo de normativas nacionales e internacionales, desarrollando especificaciones técnicas propias para optimizar el suministro eléctrico.

El análisis del estado del arte reveló que las normativas están respaldadas por organismos reguladores, lo que garantiza la calidad y seguridad de las instalaciones y equipos, además de proteger a los usuarios. Se destaca que la electrificación soterrada ofrece mayor confiabilidad, seguridad y menor impacto ambiental, al tiempo que mejora la estética urbana. A diferencia de las instalaciones aéreas, con una vida

útil de 20 años, las subterráneas pueden alcanzar los 50 años, representando una solución más sostenible y duradera.

Avilés y Rodríguez (2021), presentaron los desafíos y soluciones en el diseño de redes de distribución eléctrica soterradas, que enfrentan problemas como el aumento de demanda, caídas de tensión y sobrecargas, derivados de la complejidad de estas redes que pudieron ser identificadas como desventajas en esos tipos de sistemas. Para abordarlos, se destacaron dos enfoques principales: la reconfiguración de la red (cambio en la topología mediante interruptores) y la implementación de generación distribuida (ubicación óptima de generadores para minimizar pérdidas y mejorar el perfil de voltaje). Sin embargo, estos métodos suelen ser prácticos, pero no siempre óptimos.

El proyecto propuso un algoritmo metaheurístico híbrido que combinaba algoritmos genéticos (GA) y de enjambre de partículas (PSO) para optimizar tanto la topología de la red como la ubicación de transformadores. Este modelo busca minimizar las pérdidas de potencia y los costos de inversión.

Se hizo referencia a investigaciones previas que han empleado técnicas como recocido simulado, algoritmos genéticos refinados y búsqueda por armonía para optimizar redes de distribución. Asimismo, se resalta el impacto positivo de las fuentes de energía renovables, conocidas como DER (Recursos Energéticos Distribuidos), para mejorar perfiles de voltaje, reducir pérdidas de energía y mitigar impactos ambientales.

De acuerdo con los autores al respecto de las ventajas, el enfoque soterrado, aunque costoso, ofrece ventajas como mayor protección frente a condiciones climáticas, menor impacto ambiental y una estética urbana mejorada, superando las limitaciones de las redes aéreas.

Adicionalmente, el texto presentó diversos enfoques para optimizar la reconfiguración de redes de distribución eléctrica, destacando métodos heurísticos, algoritmos evolutivos e inteligencia artificial.

Enfoques heurísticos:

- Se propusieron un método basado en la apertura de ramas con menor corriente, utilizando un algoritmo codicioso que no garantiza el óptimo global.
- Se implementaron un algoritmo basado en teoría de grafos (PRIM) para minimizar la energía no suministrada, aunque requiere seleccionar rutas de forma aleatoria en ciertos casos.

Algoritmos de inteligencia artificial:

1. **Recocido simulado:** Método efectivo pero con alta complejidad y tiempo computacional.
2. **Algoritmos genéticos:**
 - Se utiliza cruzamiento de dos puntos, mutación convencional y selección por torneo. Presenta problemas como individuos no factibles y falta de diversidad.
 - Se ajusta operadores genéticos para mejorar la solución, garantizando mejores resultados adaptativos.

Limitaciones y mejoras:

1. Aunque los métodos mencionados resuelven problemas en menor tiempo, muchos solo alcanzan óptimos locales.
2. Para superar estas limitaciones, se ha empleado el recocido simulado y técnicas como la medición de distancia (Kashem et al., 2000), que mejora el balance de carga y acerca a configuraciones óptimas globales, aunque con alta complejidad computacional.

Por ello los autores concluyeron que el desarrollo y mejora de algoritmos busca garantizar configuraciones cercanas al óptimo global, equilibrando precisión y eficiencia computacional, lo cual generaría excelentes ventajas a las redes soterradas frente a las aéreas.

2.2.7 Ductos

El trabajo de Lema (2022), tuvo como objetivo analizar redes subterráneas de medio voltaje (6.3 kV a 25 kV) y desarrollar una guía para diseñar bancos de ductos subterráneos, basada en el Código Nacional Eléctrico y la norma IEC 60287-3-1. El estudio incluye el levantamiento de datos, simulación, análisis y resultados obtenidos en subestaciones de la Empresa Eléctrica de Quito, como Quinche, Nueva Cumbayá y Escuela Sucre.

Principales aportes y resultados:

Diseño optimizado: La guía proporciona parámetros para maximizar la capacidad de corriente (ampacidad) sin exceder límites de temperatura ni comprometer las propiedades físicas y eléctricas del cable.

Aplicaciones prácticas: Sirve como herramienta para diseñadores, contratistas y personal encargado de instalaciones y actualizaciones de redes subterráneas.

Casos reales: Un ejemplo en la subestación Río Coca destacó problemas de sobrecalentamiento en cables 4/0 AWG, que obligaron a cambiarlos por cables 750 MCM y rediseñar el banco de ductos en formato túnel.

Prevención de fallas: Las instalaciones inadecuadas son una causa común de fallas prematuras. La guía busca garantizar una vida útil de 30 años, evitando problemas recurrentes.

El proyecto priorizó establecer normativas nacionales e internacionales para definir criterios de diseño robustos, asegurando la estabilidad y eficiencia de las redes subterráneas.

El proyecto utilizó el software CYMCAP para modelar y analizar variaciones de ampacidad en bancos de ductos subterráneos de medio voltaje (6.3 kV a 25 kV), considerando diferentes factores de carga y ubicaciones de cables dentro del banco. Se enfoca en bancos de ductos en estado estable con materiales uniformes (concreto, PVC en concreto o metálicos) y excluye análisis transitorios, efectos del neutro, cables no asociados a medio voltaje, bancos directamente enterrados o multi-bancos.

Aportes principales:

Guía práctica: Se elabora una guía para el diseño y construcción de bancos de ductos subterráneos de medio voltaje, útil para constructores, diseñadores, contratistas y encargados de redes eléctricas.

Resultados específicos: Los escenarios simulados ofrecen pautas sobre la capacidad de conducción de los alimentadores en subestaciones seleccionadas, llenando un vacío en los análisis de diseño eléctrico más allá de lo civil.

Aplicabilidad local: Aunque enfocado en los valles y áreas urbanas de Quito, el método puede adaptarse a otras regiones.

El proyecto buscó optimizar el diseño de redes subterráneas, mejorando la capacidad y confiabilidad de los alimentadores de medio voltaje. El texto, además, describió la estructura del identificador nemotécnico utilizado para redes subterráneas, donde se codifican detalles como el voltaje, el número de fases, la disposición de los ductos o pozos, y las características técnicas.

Para la estructura del identificador el primer campo (EU): Indica que es una red subterránea. El segundo campo (S, T, V): Representa el nivel de voltaje (6.3 kV, 13.8 kV o 22 kV). El tercer campo: Indica el número de fases. El cuarto campo (B o P): Designa la disposición, donde B es para bancos de ductos y P para pozos. El quinto campo: Representa las características técnicas o la función del elemento. Si no aplica, se coloca un 0.

Los bancos de ductos se componen de ductos de 50 mm, 110 mm o 160 mm de diámetro y pueden estar ubicados en aceras o calzadas. Pueden tener hasta cuatro filas y dos o hasta cuatro columnas. Un ejemplo de configuración es EU0-0B4x2C2, que se refiere a un banco de ductos de 160 mm, con cuatro filas y dos columnas en la calzada.

Son tubos que generalmente de PVC y pueden ser conducto, poliducto o similares instalado en forma subterránea, que sirven para alojar los cables de diferentes tipos que transportan las señales de los servicios de telecomunicaciones y eléctricos.

2.3 Descripción de Elementos

2.3.1 Postes

Tabla 6: Altura y resistencia que deben tener los postes.

Altura	Resistencia (kg)
10 metros	300 kg
12 metros	500 a 2000 kg
14 metros	2050 kg

Fuente: Venega (2014)

El sistema de postes forma parte en el sistema de cableado por medio aéreo al poseer los cables que generan el intercambio de datos de transmisión de telecomunicaciones.

Son utilizados para sistemas urbanos postes de concreto de 14, 12 y 10 metros con resistencia de rotura de 1050, 750 y 510 kg respectivamente. El problema que presenta los postes es que además de la contaminación visual que causa, la gran cantidad de cables incrustados alrededor de ellos genera peso sobre los postes, lo que con el pasar del tiempo estos llegan a caer.

2.3.2 Cables

De acuerdo con Jácome (2023), el Sistema Nacional Interconectado se divide en cuatro etapas: generación, transporte, distribución y comercialización, siendo la distribución la responsable de suministrar energía de calidad al usuario final. Esta etapa se caracteriza por transmitir energía a niveles de baja y media tensión, lo que genera pérdidas por calentamiento en los conductores, afectando tanto operativamente como económicamente a las empresas distribuidoras.

En este sentido, los conductores eléctricos son esenciales para la transmisión de energía, y su correcta selección es clave para garantizar una eficiencia adecuada y minimizar las pérdidas. La creciente demanda de energía ha impulsado la expansión de los sistemas eléctricos, lo que requiere una planificación eficiente para mantener los costos de inversión y operación bajos.

El trabajo de investigación del autor se enfocó en el análisis de los parámetros eléctricos y mecánicos necesarios para el cálculo de conductores en sistemas de distribución, tomando como referencia las normas IEEE 738 e IEC 60287. El objetivo

es seleccionar correctamente los conductores para reducir pérdidas y costos operativos, asegurando una buena calidad de energía para el usuario final.

Estos componentes crean accesos de movimientos de electrones, causando campos eléctricos que ayuda a la libre circulación de los electrones. El cobre, al ser un gran material conductor, ayuda mucho para este tipo de trabajo, ayudando a su importante consumo. En cambio, el Aluminio, que tiene baja conductividad, es una de las alternativas rentables en comparación con el cobre

El autor también proporcionó información relevante respecto de una serie de investigaciones y estudios sobre la cargabilidad de redes eléctricas y la selección de conductores en sistemas de distribución. A continuación, se destacan los puntos clave de cada estudio mencionado:

Se destacó la importancia de dimensionar correctamente los conductores para evitar sobrecargas que puedan superar el límite térmico y dañar el sistema. Se utiliza un algoritmo de simulación para calcular la corriente crítica en conductores de redes de distribución.

Se desarrolló un programa computacional basado normativa para optimizar el diseño de cables soterrados, permitiendo calcular la corriente máxima según las condiciones de instalación y los materiales empleados. Esto buscó reducir costos y mejorar la eficiencia del sistema eléctrico. Además, se estudió el comportamiento de los conductores HTLS, proponiendo una metodología probabilística para evitar el sobrecalentamiento y aumentar la confiabilidad en líneas de transmisión. Se destacó la importancia de seleccionar el calibre adecuado de los conductores para minimizar pérdidas de energía y costos operativos. Finalmente, mediante el uso de termografía, se analizó la temperatura de los conductores, lo que permitió reducir pérdidas térmicas y mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema.

También, se desarrolló un programa que calculó la capacidad de corriente de los conductores en base a las condiciones de trabajo y evalúa las bases económicas para seleccionar el conductor adecuado.

Se realizó un análisis técnico y económico para elegir el conductor adecuado para la repotenciación de la línea Paute-Pascuales (230 kV), considerando variaciones ambientales y costos. En este punto, se propuso el uso de software para

automatizar los cálculos tediosos necesarios para determinar las secciones y parámetros de líneas eléctricas de alta y media tensión. Aunado a esto, se desarrolló un software didáctico que facilitó el cálculo de parámetros en redes aéreas y subterráneas, mejorando el proceso de diseño y evaluación de circuitos eléctricos.

Además, se diseñó una línea aérea de media tensión para suministrar energía a un telesilla en una estación de esquí, considerando todos los aspectos técnicos y prácticos del proyecto, desde la ubicación de apoyos hasta el cálculo de puestas a tierra.

En conjunto, estos estudios subrayaron la importancia de seleccionar adecuadamente los conductores y realizar cálculos precisos para optimizar la eficiencia, reducir costos y garantizar la fiabilidad de las redes eléctricas en diferentes condiciones y entornos.

El autor también se refirió a los cables conductores en el contexto específico del área urbana. Dijo que el sistema de distribución urbano se compone de redes tanto aéreas como subterráneas, debido a la alta densidad de carga en áreas pequeñas. Estas redes suelen tener tramos cortos y abastecen diversos consumidores como alumbrado público, comercios, viviendas y pequeñas industrias. Generalmente, estos sistemas funcionan como redes radiales, y cuando cuentan con anillos, estos operan de manera abierta para suministrar carga de forma radial.

Los conductores eléctricos son esenciales en la transmisión y distribución de energía, ya que influyen en aspectos clave como los costos de inversión y operación. Deben cumplir con ciertos requisitos, como resistencia mecánica, capacidad de conducción de corriente, pérdidas aceptables por efecto Joule y corona, y características adecuadas de flecha según el terreno. La altura mínima del conductor sobre el suelo es otro criterio importante por razones de seguridad.

Los conductores están hechos de materiales altamente conductores como plata, cobre, oro y aluminio. Sin embargo, también se consideran otros factores como el costo, peso y facilidad de procesamiento. En líneas aéreas, a menudo se utiliza acero por su resistencia mecánica, aunque no es un buen conductor eléctrico.

En la construcción de líneas aéreas, los metales utilizados deben cumplir con tres requisitos clave: baja resistencia eléctrica para reducir las pérdidas de energía

por efecto Joule, alta resistencia mecánica para soportar esfuerzos permanentes o accidentales, y un bajo costo. Los materiales más utilizados para estos conductores son el cobre, el aluminio, aleaciones de aluminio y combinaciones de aluminio y acero. El aluminio es el material preferido debido a su costo más bajo, ligereza y mejoras en su rendimiento en comparación con el cobre.

Existen varios tipos de conductores comúnmente utilizados para transmitir y distribuir energía eléctrica:

Conductores AAC (All Aluminum Conductor): Fabricados completamente de aluminio, son adecuados para distancias cortas y áreas urbanas, ya que son ligeros y tienen alta resistencia a la corrosión. No tienen núcleo de acero, ofreciendo un equilibrio entre resistencia y costo. Son duraderos y de bajo mantenimiento.

Conductores ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced): Usados en zonas montañosas y terrenos difíciles, combinan aluminio y un núcleo de acero para ofrecer alta capacidad de carga y resistencia a la tracción. Son ideales para líneas de transmisión de larga distancia y áreas con grandes luces, pues requieren menos soportes.

Conductores ACAR (Aluminum Conductor Alloy Reinforced): Combinan aluminio con un refuerzo de aleación de aluminio, ofreciendo una buena relación entre resistencia y peso. Son adecuados para líneas de transmisión donde tanto la capacidad de corriente como la resistencia son importantes. Comparados con los ACSR, los ACAR ofrecen mayor resistencia y capacidad sin aumentar el peso.

Tabla 7: Conductividad y resistencia de material.

Material	Resistividad	Conductividad
Plata	0.0164	0.6305
Cobre	0.0172	0.5958
Oro	0.0230	0.4464
Aluminio	0.0590	0.3767

Fuente: CNEL EP (2023)

2.3.3 Tipos de Cables

Pueden ser monoplares o tripolares aislado en polietileno de cadena cruzada XLPE, de polietileno reticulado EPR, en caucho sintético y en papel impregnado en aceite APLA o aislamiento seco elastomérico.

Los cables que se pasan por un soterramiento pueden ser eléctricos o de fibra óptica. Para instalar cables eléctricos subterráneos, se recomienda usar tuberías de PVC tipo EB o DB, o tuberías tipo Rigid Metal Conduit. El PVC es un material común para el cableado eléctrico subterráneo porque es liviano y duradero.

2.3.4 Tipos Cable de Red

La empresa CONCABLES (2020), explicó en su blog que existen varios tipos de cables en las cometidas subterráneas y, entre esos, los referidos a las comunicaciones por red. Al respecto, dijo que los cables de telecomunicaciones permiten la comunicación bidireccional a larga distancia y se dividen en tres tipos principales: coaxial, par trenzado y fibra óptica. La empresa dejó una clasificación de la siguiente manera:

1. Cable Coaxial:

- Creado en 1880 por Oliver Heaviside.
- Consta de un canal central para la señal y un canal concéntrico como tierra.
- Usos: Internet, TV por cable y transmisión de radio.
- Tipos: RG-59 (vídeo), RG-6 (satélite) y RG-11 (redes LAN BNC).
- Ventajas: larga distancia, menor interferencia y menor costo que la fibra óptica.

2. Cable de Par Trenzado:

- Inventado en 1881 por Alexander Graham Bell.
- Compuesto por dos hilos trenzados para reducir interferencias.
- Usos: telefonía y redes de computadoras.
- Tipos: Apantallado (STP) y No apantallado (UTP).
- Ventaja: más económico, pero con alta atenuación.

3. Cable de Fibra Óptica:

- Usa luz para transmitir datos con mínima interferencia.
- Se clasifica según el núcleo:

- Monomodo (núcleo pequeño, baja atenuación, color amarillo).

Multimodo (núcleo grande, mayor atenuación, color azul agua).

- Ventajas: alta velocidad, fiabilidad y resistencia a interferencias, pero mayor costo.

Estos cables son esenciales para la comunicación moderna. La elección del tipo adecuado depende de las necesidades específicas del usuario o empresa.

CONCABLES (2020), dijo que los cables de par trenzado reciben su nombre por su diseño de doble hilo. Su diseño consiste en un par de hilos trenzados donde ambos dos hilos son paralelos entre sí. Además, se trenzan entre sí para atenuar los efectos de interferencia de los pares cercanos. Se pueden agrupar bajo una misma cubierta plástica en los denominados multipares, que pueden ir de 2, 4, 8, 10 hasta 1200 pares.

Por otro lado, Rodrigo (2021), sostuvo que en el mundo de las redes de comunicación, el cable de par trenzado juega un papel fundamental en la transmisión de datos. Existen tres tipos principales de este cable: el UTP (Unshielded Twisted Pair), que no cuenta con blindaje; el STP (Shielded Twisted Pair), que incluye una protección contra interferencias; y el SFTP (Shielded and Foiled Twisted Pair), que ofrece un apantallamiento total para una mayor estabilidad en la señal.

El UTP es el más común y económico, compuesto por cuatro pares de hilos de cobre trenzados para reducir la interferencia electromagnética. Su uso es ideal para entornos estándar, ya que no cuenta con una capa de blindaje adicional. Entre sus variantes, los cables Cat 5 y 5e permiten velocidades de hasta 1 Gbps, mientras que el Cat 6 alcanza los 10 Gbps.

Por otro lado, el STP incorpora una capa de blindaje metálico que lo hace ideal para lugares con alta interferencia eléctrica, evitando la pérdida de señal y permitiendo conexiones más estables y de mayor velocidad. Aunque su costo es más elevado que el UTP, es utilizado en aplicaciones que requieren alta fiabilidad, como conexiones entre racks y edificios.

El SFTP y el FTP, por su parte, combinan distintos niveles de blindaje para maximizar la protección contra interferencias externas. Mientras que el FTP usa una

lámina de aluminio para reducir la interferencia, el SFTP refuerza aún más la señal con múltiples capas de protección. Estos cables son más robustos y costosos, pero garantizan un rendimiento superior en entornos críticos.

En términos de elección, el UTP es la opción más accesible y flexible para redes convencionales, mientras que el FTP y el SFTP son preferidos en entornos industriales o de alto tráfico de datos. Así, la selección del cable adecuado dependerá de las necesidades específicas de cada red y del nivel de interferencia presente en el entorno.

Por su parte, Rodrigo (2021), dijo que generalmente, hay tres tipos de par trenzado, el primero es cable par trenzado no blindado (UTP), el segundo es cable par trenzado blindado (STP) y el tercer es cable par trenzado apantallado totalmente blindado (SFTP).

Dicho a lo citado por los autores, los cables de par trenzado son fundamentales en la transmisión de datos, ya que su diseño permite minimizar las interferencias electromagnéticas y las diafonías entre pares. Este tipo de cable se clasifica en tres categorías principales: UTP, STP y SFTP, cada una diseñada para cumplir con diferentes requisitos de protección y rendimiento. El UTP, sin blindaje, es económico y ampliamente utilizado, especialmente en redes domésticas. Por su parte, el STP y el SFTP, con diversas capas de blindaje, ofrecen mayor protección contra interferencias externas, lo que los hace ideales para entornos industriales o de alta demanda. La versatilidad y escalabilidad de los cables multipares, que pueden contener hasta 1200 pares, demuestran su adaptabilidad para cubrir diversas necesidades en telecomunicaciones e infraestructura de red.

2.3.5 Tipos de Cables de Telecomunicaciones

Los cables de telecomunicaciones se utilizan para facilitar la comunicación. Los tres tipos de cables de telecomunicación más comunes son el cable coaxial, cable de fibra óptica y cable de par trenzado.

2.3.6 Coaxial

Estos cables de cobre para telecomunicaciones constan de dos canales que comparten el mismo eje. El primer canal se encarga de transportar la señal, mientras que el canal concéntrico que envuelve la capa aislante del canal interior se utiliza como tierra.

Los cables coaxiales se utilizan para:

- Conectar transmisores de radio a receptores
- Conectar a Internet
- Transmitir señales de televisión por cable.

Hay tres tipos diferentes de cables coaxiales:

- RG-59 – Transmite señales de vídeo;
- RG-6 – Se utiliza para la comunicación por satélite,
- RG-11 – Se emplea para desarrollar redes LAN estilo BNC.

Los diferentes tipos de blindajes de los cables coaxiales son:

- Blindaje simple
- Blindaje doble
- Cuádruple apantallado

2.3.7 Cables de Par Trenzado

Los cables de par trenzado reciben su nombre por su diseño de doble hilo. Su diseño consiste en un par de hilos trenzados donde ambos dos hilos son paralelos entre sí.

El diseño de este cable ayuda a disminuir la diafonía y las interferencias externas, aunque estos problemas no se erradican del todo.

Los cables de par trenzado se dividen en dos categorías distintas:

- Cable de par trenzado apantallado (STP),
- Cable de par trenzado no apantallado (UTP).

Aunque son más baratos que los otros dos tipos de cable de telecomunicaciones mencionados en este artículo, los cables de par trenzado tienen una alta atenuación.

2.3.8 Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica utilizan la luz para enviar datos. Las fibras de estos cables están recubiertas de plástico y residen en un tubo que evita las interferencias. Los cables de fibra óptica se componen de una carcasa exterior y un núcleo. La carcasa óptica envuelve la luz, manteniéndola contenida en el núcleo.

El tamaño del núcleo de un cable de fibra óptica se utiliza para clasificar los cables. Hay dos tipos diferentes:

- Monomodo
- Multimodal

2.3.9 Excavación

Cruz y Díaz (2024), expresaron que las excavaciones conservarse con el menor grosor posible para reducir al mínimo el daño a las aceras y facilitar la instalación de conductos. El fondo de la zanja debe estar nivelado y bien compactado.

Para la realización de las excavaciones únicamente se podrán ejecutar, cuando exista los niveles dados por un topógrafo o nivelador; para lo cual se le solicitará información sobre desnivel y el tipo de suelo a excavar, para realizar un acabado uniforme y así evitar desgaste prematuro de los ductos canalizados. Las zanjas tendrán una profundidad rectangular con paredes menores a 2m. por lo que las paredes deberán cortarse y mantenerse verticales, el fondo debe ser un informe y compacto, para que las tuberías se apoyen en su totalidad a largo de su eje longitudinal.

2.3.10 Canalización

Simbaña (2023), dijo que el crecimiento de proyectos urbanísticos, comerciales e industriales en el país ha impulsado la adopción de redes eléctricas subterráneas, ya que ofrecen ventajas significativas en términos de seguridad, estética y mantenimiento. Estas redes eliminan la exposición al vandalismo, mejoran la apariencia urbana al ocultar cables y accesorios, y facilitan la conservación de la infraestructura eléctrica al mantener los conductores organizados en ductos y pozos de revisión.

La red de distribución eléctrica es la última fase del suministro de energía y, debido a su extensión y dispersión, es vulnerable a daños que afectan la calidad del servicio. Las redes aéreas, además de ser susceptibles a interrupciones por eventos naturales o fallas técnicas, generan contaminación visual, lo que resulta problemático en áreas con valor paisajístico, como la zona andina del Ecuador.

En este contexto, se plantea el soterramiento de la red eléctrica en el barrio Rumipamba, ubicado en Ibarra, provincia de Imbabura. Este sector, de gran atractivo

turístico, ha experimentado un crecimiento poblacional y comercial que ha incrementado la demanda de energía. La proliferación de postes y cables de telecomunicaciones ha afectado la estética del lugar y, además, la ubicación inadecuada de los postes ha generado un tendido desordenado, con cables cruzando vías y disminuyendo su altura con el tiempo.

Este proyecto busca diseñar e implementar nuevas canalizaciones subterráneas para la red de medio y bajo voltaje, siguiendo las normativas del MERNNR y la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE S.A.). La transición a una red subterránea mejorará la seguridad, reducirá interrupciones y preservará la armonía del paisaje, beneficiando tanto a los residentes como a los visitantes del sector.

Simbaña (2023), dijo que en una red subterránea son los elementos de mayor relevancia ya que cumplen la función de albergar a los conductores. Una canalización eléctrica mediante soterramiento es el proceso de instalar cables y fibra óptica de manera subterránea, utilizando ductos y pozos. Este servicio permite migrar las redes aéreas de energía eléctrica y telecomunicaciones a una red subterránea.

El autor, además, explicó que los elementos de una canalización subterránea deben cumplir con normas técnicas establecidas por los entes reguladores para garantizar su correcta instalación y funcionamiento.

Uno de los componentes clave es la canalización, que alberga los conductores eléctricos y debe construirse siguiendo especificaciones técnicas para asegurar la confiabilidad del sistema.

Otro elemento importante es el banco de ductos, un sistema compuesto por tuberías de PVC que protegen los cables eléctricos en su trayecto. Sus dimensiones varían según el calibre del conductor, permitiendo una distribución segura y eficiente de la energía.

2.3.11 Pozos

Según Paguay (2021), son estructuras que permiten la revisión, mantenimiento y localización de fallas. Constructivamente los pozos se deben realizar con paredes de hormigón de 210Kg/cm^2 cuando son en calzada y de paredes de ladrillo o bloque en acera la cual tendrá como mínimo 12 cm de espesor.

Son parte de la red subterránea que se utiliza para transmitir energía eléctrica y telecomunicaciones. Los pozos están conectados por tuberías y forman una red subterránea. Las líneas eléctricas subterráneas se colocan en tuberías enterradas en el suelo a una profundidad de al menos 50 cm.

2.3.12 Zanjas

La guía técnica para la mitigación y control de la seguridad en el trabajo desarrollada por Villa et al. (2021), se logró partir de observaciones en el lugar de trabajo, revisión bibliográfica y análisis de incidentes relacionados con excavaciones analizando específicamente la excavación de zanjas. Además, el objetivo de la guía fue mejorar la seguridad en los procesos de excavación y prevenir accidentes y enfermedades laborales en la empresa. Esto se logra mediante la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST), que buscan proteger la salud de los trabajadores y mejorar la productividad.

La implementación de esta guía técnica tuvo un impacto positivo en el crecimiento empresarial, ya que contribuyó a un ambiente laboral más seguro y saludable, lo que benefició tanto a los empleados como a las comunidades involucradas, mejorando la calidad de vida y generando nuevas oportunidades de desarrollo.

El aumento de proyectos constructivos ha incrementado los riesgos en las actividades de excavación, especialmente en zanjas, lo que hace esencial la implementación de esta guía. Para su ejecución, se utilizará el método Gantt como planificador de actividades, lo que permitirá un seguimiento y control efectivo de las etapas de elaboración e implementación, garantizando el cumplimiento de las normativas de seguridad y la efectividad en la prevención de accidentes.

La recopilación y procesamiento de información para diseñar la guía técnica ha enfrentado limitaciones, como la reducción de datos disponibles, cambios en la normativa vigente y el tiempo disponible para su realización. La construcción es una de las actividades económicas con mayor índice de accidentes laborales, especialmente en procesos de excavación a cielo abierto, que a menudo resultan en deslizamientos de taludes. Estos accidentes, aunque no siempre cuantificados, son graves y pueden ser fatales.

Los incidentes relacionados con deslizamientos de taludes en excavaciones pueden causar ahogamientos, sepultamientos, atrapamientos y aplastamientos debido al desprendimiento de tierras. Estos accidentes tienen un impacto significativo en la salud y seguridad de los trabajadores, afectando su capacidad laboral y, en los peores casos, resultando en muertes.

En Colombia, el promedio de accidentes laborales es del 7%, pero en el sector de la construcción, alcanza el 10.5%. En 2016, hubo 105,782 accidentes en este sector, y en 2017, hasta septiembre, se registraron 66,604 accidentes. La falta de planificación y la ausencia de técnicas de mitigación adecuadas, como el entibado, contribuyen a la alta accidentalidad, lo que destaca la necesidad urgente de aplicar medidas de seguridad eficaces en los procesos de excavación y remoción de tierras.

El texto abordó los factores determinantes en la toma de decisiones al ejecutar una obra civil, como los tiempos de ejecución, costos, factibilidad económica, técnicas constructivas e impactos sociales y ambientales. Se enfoca en las excavaciones tipo zanja y cómo las tecnologías pueden mejorar la seguridad y minimizar los riesgos para los trabajadores en la industria de la construcción, al reducir su exposición durante las actividades.

La investigación tuvo como objetivo determinar el tipo de entibación metálica óptima para excavaciones a cielo abierto, comparando los métodos industrializados con los tradicionales de madera. Se concluye que, bajo ciertas condiciones, es necesario entibar una excavación, y que existen soluciones tanto industrializadas como tradicionales, así como la opción de ejecutar un talud. Sin embargo, la elección depende de las condiciones del lugar, y se recomienda el uso de sistemas industrializados debido a sus ventajas técnicas y económicas sobre los tradicionales de madera. Estas soluciones son aplicables a los suelos colombianos, y la investigación proporciona una base para la mejora en los procesos constructivos en este contexto.

En un texto complementario, la guía para la elección de maquinaria pesada en la excavación de zanjas para alcantarillado en suelos arcillosos relacionó las características técnicas de diferentes tipos de maquinaria, como excavadoras, retroexcavadoras y minicargadores, con las propiedades del suelo arcilloso para determinar el rendimiento teórico en las excavaciones. La guía incluye una hoja de

cálculo que calcula este rendimiento teniendo en cuenta factores de eficiencia de trabajo, los cuales influyen directamente en la producción.

El objetivo fue proporcionar el soporte necesario para la construcción de una guía técnica que aborde los procesos de excavación utilizando maquinarias específicas, de acuerdo con las condiciones geotécnicas del suelo. Además, los autores resaltaron la importancia de seleccionar correctamente la maquinaria adecuada para minimizar los riesgos que los trabajadores enfrentan en las excavaciones a cielo abierto.

Anchatuña (2022), dijo que las zanjas en redes subterráneas deben ser lo más angostas posibles para minimizar la afectación a las aceras y facilitar la instalación de los ductos. Su fondo debe ser plano y compacto, eliminando piedras u objetos que puedan dañar el ducto. Las dimensiones de la zanja dependen de la cantidad de ductos y su profundidad varía según la ubicación (vereda o vía).

Es fundamental evitar daños en tuberías de agua, ductos telefónicos y de TV cable, y reparar cualquier afectación de inmediato.

Cruces con otras instalaciones:

- Cables telefónicos: Separación mínima de 40 cm en paralelo y 15-20 cm en cruces.
- Cañerías de agua o desagüe: Separación de 20 cm, con posibilidad de refuerzo en concreto.
- Calles y carreteras: Profundidad mínima de 1 m, con refuerzo de hormigón.
- Ferrocarriles: Profundidad mínima de 1.3 m, con protección de hormigón.
- Otros conductores eléctricos: Separación mínima de 0.20 m entre cables de la misma empresa y 0.25 m entre diferentes empresas o bajo voltaje.

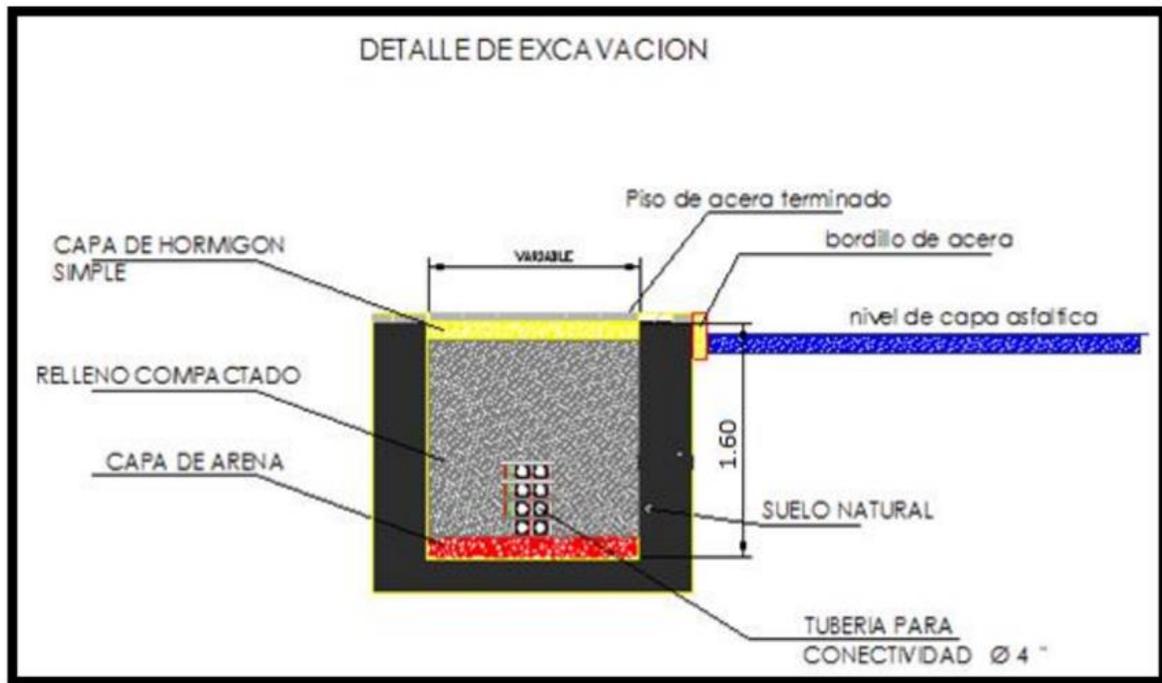
Pozos de revisión:

Son esenciales para facilitar empalmes, reparaciones y mantenimiento. Se construyen con hormigón armado o mampostería de ladrillo, compactando el suelo antes de su recubrimiento. En terrenos inestables, se incrementa la excavación y se usa material de piedra y losas de hormigón de 5 cm de espesor. Se debe garantizar

drenaje adecuado para evitar inundaciones, conectando los pozos al sistema de alcantarillado.

Anchatuña (2022), supo expresar que las zanjas deben ser lo más angostas posibles, para reducir el tamaño de destrucción la acera y que permita el manipular los ductos a instalarse.

Figura 12: Detalle del proceso de excavación.



Fuente: Cruz y Díaz (2024)

En relación a la forma de las zanjas, las que presenten una profundidad menor a una distancia estándar adoptada según la realidad de Ecuador de 1,50 metros con sección rectangular, las paredes deberán cortarse y mantenerse verticales, su fondo contará con un terminado uniforme sobre el cual se colocará una cama de arena que permita un piso regular y uniforme, con el fin que la tubería se apoye y se evite un desgaste prematuro de la misma

2.3.13 Contaminación Visual

La autora Juste (2022), explicó que la contaminación visual es un problema cada vez más presente en ciudades y zonas rurales, afectando la estética del paisaje y la percepción del entorno. El cerebro humano, al verse sobrecargado por una gran cantidad de elementos artificiales como luces, colores y formas, tiene dificultades para

procesar la información, lo que puede generar estrés, fatiga visual y otros problemas de salud.

Entre los principales ejemplos de contaminación visual se encuentran los carteles publicitarios en exceso, cables eléctricos, postes, antenas, y el tráfico aéreo. Aunque estos elementos no generan residuos físicos o químicos, su disposición y cantidad los convierten en agentes contaminantes visuales, afectando la calidad de vida y el equilibrio del entorno.

Las causas de este tipo de contaminación radican en el uso excesivo de elementos artificiales en el paisaje urbano y natural. Algunos de los factores más comunes incluyen vallas publicitarias, antenas de televisión, señales de tráfico en exceso, edificios deteriorados y redes eléctricas visibles. Incluso infraestructuras necesarias como molinos eólicos pueden generar un impacto visual negativo cuando no están bien planificadas.

Las consecuencias de la contaminación visual no solo afectan la estética, sino que también pueden provocar estrés, dolores de cabeza, trastornos de atención, alteraciones del sistema nervioso e incluso accidentes debido a la obstrucción del campo visual en carreteras.

Para mitigar este problema, la autora dijo que se han propuesto soluciones como la reducción de la cantidad de anuncios, la regulación urbanística para evitar elementos visualmente agresivos, la educación sobre el impacto del consumo excesivo y la concienciación sobre la importancia de proteger la armonía visual del entorno. Aunque pueda parecer un problema menor comparado con otras formas de contaminación, su impacto en la salud y bienestar de las personas lo convierte en un aspecto a considerar en la planificación de ciudades y espacios naturales.

Juste (2022), dijo que la contaminación visual es todo aquello que afecta o perturba la visualización de una determinada zona o rompe la estética del paisaje.

Figura 13: Desorden del cableado aéreo.



Fuente: Juste (2022)

La contaminación visual procedente de los cables eléctricos aéreos es un problema común en las zonas urbanas y rurales, que afecta a la estética y la calidad del paisaje. Los cables desordenados, los postes de servicios públicos inclinados o en mal estado y las redes de servicios superpuestas crean una sensación de caos visual, especialmente en áreas densamente pobladas. Esto no sólo afecta negativamente la conciencia ambiental, sino que también puede afectar los valores de la propiedad y la experiencia de los residentes. El cambio a sistemas subterráneos o una mejor planificación del cableado podrían aliviar este problema, mejorando la armonía visual de las ciudades y creando entornos más agradables y cómodos.

2.4 Metodología Constructiva para Soterramiento

2.4.1 Criterios Generales para Construcciones Soterradas

Los autores Demera et al. (2023), han explicado que el mantenimiento y reposición de tuberías de ductos puede realizarse mediante el método tradicional o el método sin zanja. El método tradicional consiste en la excavación de zanjas horizontales para la instalación de tuberías, lo que implica movimientos de tierra manuales o mecánicos. En contraste, el método sin zanja permite la instalación o rehabilitación de tuberías sin necesidad de grandes excavaciones, reduciendo el impacto ambiental y los costos operativos.

Las técnicas sin zanja incluyen la fractura de tuberías (Pipe Bursting), que destruye la tubería existente para instalar una nueva sin reducir su sección; el reentubado, que reemplaza la tubería manteniendo el diámetro; el revestimiento deslizante continuo (Sliplining), que instala un nuevo tubo dentro del existente con una ligera reducción de diámetro; la tubería polimerizada in situ (CIPP), que utiliza un encamisado flexible de poliéster; y las tuberías fundidas (Thermoformen pipe), que se expanden con vapor para adherirse a la tubería antigua.

Estas metodologías permiten una ejecución más rápida y económica en comparación con los métodos tradicionales, evitando molestias a la población y mejorando la eficiencia en la rehabilitación de infraestructuras.

El estudio aplicado en esta investigación utilizó métodos de abducción, estadísticos, descriptivos y científicos, respaldándose en análisis bibliográficos y estudios de campo. El enfoque abduccional permitió evaluar soluciones innovadoras en la construcción, mientras que los métodos estadísticos facilitaron la recolección y análisis de datos para realizar un estudio costo-beneficio sobre la implementación de la metodología sin zanja.

El proyecto de mejoramiento urbano y rediseño de la red de tuberías se llevó a cabo en un área de 17 manzanas, con una intervención de 9.4 hectáreas. La obra incluyó la construcción de aceras adoquinadas, bordillos, mobiliario urbano, señalización horizontal y mejoramiento de la calzada en la zona central del cantón.

En cuanto a la renovación y rehabilitación de redes en zonas densamente pobladas con espacios reducidos, se observó que la metodología sin zanja puede tener costos directos más elevados que el método convencional. Sin embargo, al considerar costos indirectos, el impacto social y ambiental, la opción sin zanja resulta más conveniente, ya que evita daños a infraestructuras previas y reduce molestias a la comunidad.

Si bien la metodología tradicional con zanja es económicamente más accesible para la renovación de tuberías en áreas urbanas, la tecnología sin zanja ofrece ventajas significativas, como la reducción en los tiempos de ejecución, la minimización de reprocesos y la disminución de impactos negativos en la movilidad, el ruido y la contaminación ambiental. Por ello, aunque su costo inicial sea mayor, esta metodología es más apropiada para intervenciones en zonas urbanas habitadas.

El primer paso que se debe tener en cuenta es conocer el área geográfica donde se va a construir el sistema soterrado en medio voltaje. Un soterramiento es utilizado para trasladar las líneas de distribución de energía y sus elementos asociados de alta energía desde el espacio aéreo al subsuelo. Esto se hace en ductos y pozos y se lo conoce como soterramiento de cables o líneas eléctricas. El primer paso que se debe seguir para realizar este procedimiento, como menciona el autor, es la de conocer el área donde se va a intervenir determinando sus dimensiones para poder realizar la excavación y posteriormente colocar el sistema eléctrico.

Espinal (2021), explicó que el uso creciente de la electricidad está vinculado a una mejor calidad de vida, lo que ha incrementado la dependencia de la población a este recurso en distintos ámbitos. Para garantizar la seguridad y eficiencia en las instalaciones eléctricas, se deben cumplir normativas como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Norma Técnica Colombiana (NTC 2050), asegurando que las infraestructuras eléctricas minimicen riesgos y funcionen correctamente.

El proyecto tuvo como objetivo la construcción de una red de distribución de baja tensión en la urbanización Sol del Valles, en La Ceja, Antioquia. La acometida se desarrollará de manera subterránea, cumpliendo con los estándares establecidos por EPM y las especificaciones contractuales.

El proceso incluyó la verificación de los diseños eléctricos, la cotización de cantidades de obra, el seguimiento del avance del proyecto y el control de calidad para garantizar el cumplimiento de los objetivos y normativas.

Las instalaciones eléctricas contempladas en el proyecto incluyeron:

- Instalación canalizada desde el transformador hasta cada vivienda.
- Instalación eléctrica exterior de las viviendas y zonas comunes.
- Red de alumbrado público.
- Sistema de puesta a tierra.
- Línea subterránea de baja tensión (120V y 220V).
- Transformador de 50 kVA.

El autor también dijo que el proceso de instalación eléctrica, desde su diseño hasta su construcción, está sujeto a modificaciones debido a requerimientos del propietario o a condiciones imprevistas durante la ejecución. Las normas y reglamentos proporcionan una guía fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de las instalaciones.

Es responsabilidad de los diseñadores y constructores conocer y aplicar estas normativas para lograr instalaciones eléctricas seguras y funcionales. Además, contar con bases teóricas y prácticas permite detectar y corregir inconsistencias a tiempo, asegurando la calidad del proyecto.

El proyecto cumplió con sus objetivos, ya que las instalaciones fueron aprobadas por el operador de red EPM bajo sus normas y el reglamento técnico colombiano. Se elaboró un presupuesto acorde a las especificaciones técnicas y se realizó un seguimiento continuo para verificar calidad, alcance y uso eficiente de los recursos. Finalmente, la experiencia en la empresa Enetel S.A.S. permitió consolidar conocimientos teóricos y normativos adquiridos en la academia.

2.4.2 Soterramiento Eléctrico

2.4.2.1 Estudio de Factibilidad.

En este estudio de factibilidad se realiza un análisis técnico, económico y ambiental la cual ayuda para identificar la demanda del exceso del cableado energético actual y como puede quedar en la futura zona, considerando las normativas locales y las necesidades del sector

Alarcón y Freire (2023) supieron expresar que se utilizan áreas en donde los sistemas de aire no son recomendables por razones de urbanización, estética, congestión o seguridad. Los sistemas subterráneos actualmente compiten con los sistemas aéreos en áreas urbanas o centrales.

2.4.2.2 Levantamiento Topográfico y Geotécnico.

Se debe realizar un debido levantamiento topográfico del terreno para conocer sus características y estudiar la composición del suelo para garantizar la estabilidad de las instalaciones, al realizarse la excavación, contrición de cajas, así se podrá garantizar la estabilidad de las instalaciones

2.4.2.3 Diseño del Proyecto de Soterramiento.

Al diseñar la red subterránea tendremos que considerar aspectos importantes como:

- El tipo de cable: Cables de baja y media tensión con aislamiento adecuado
- Canalizaciones: Ductos para alojar los cables
- Cámaras de inspección: Ubicadas estratégicamente para facilitar el mantenimiento de dichos cables o ductos.

2.4.2.4 Obra Civil

Cruz y Díaz (2024) dijeron por su parte que los modelos de las infraestructuras empleadas en las infraestructuras soterradas permiten visualizar el recorrido y los obstáculos que se encuentran a lo largo del trazado de los cables que conducen a los puntos de conexión.

La ejecución para el soterramiento eléctrico se inicia con la excavación de zanjas de acuerdo a las condiciones técnicas establecidas en la obra, asegurando la profundidad y ancho adecuados para asegurar la estabilidad y protección de los componentes instalados. Luego están los conductos de aire subterráneos, cámaras de prueba ubicadas estratégicamente y sistemas de protección contra la humedad y el posible estrés mecánico. Una vez finalizada la instalación, las zanjas se rellenan con el material seleccionado y se compactan capa a capa para restaurar la superficie intermedia, minimizando el impacto visual y estructural en la zona afectada.

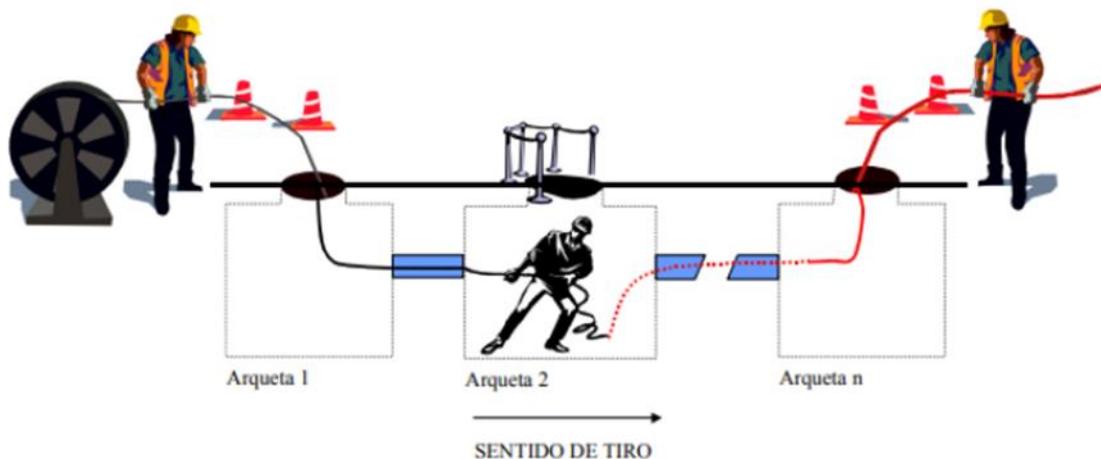
2.4.2.5 Tendido de Cables

El tendido de cable es la acción propia de desplegar el cable de fibra óptica entre los extremos a conectar. Por ello, Bustamante (2023), expresó que el proceso de expandir un cable de fibra óptica requiere de dos extremos para ser conectados se conoce como tendido, implementando varios sistemas de halado del cableado según el lugar en donde se ejecutará la actividad.

La instalación y conexión de cables implica colocar cuidadosamente los cables eléctricos en las ranuras preparadas, asegurándose de que estén protegidos y dispuestos para un funcionamiento adecuado. Este proceso incluye la creación de conexiones seguras y precisas entre las salas de pruebas y los puntos de

distribución, garantizando la continuidad de la energía y cumpliendo con los estándares de calidad para optimizar la eficiencia y la confiabilidad del sistema subterráneo.

Figura 14: Tendido manual del cableado.



Fuente: Saila (2018)

2.4.2.6 Profundidad Mínima de las Canalizaciones.

Las canaletas deben ser enterradas a un mínimo de 0.6 metros para líneas de baja tensión y 1.0 metro para líneas de media tensión, según las disposiciones locales. Esto asegura la protección de los cables y previene riesgos de daños externos.

Se debe establecer el trayecto por donde se realizará la excavación de las zanjas para la instalación de los ductos.

2.4.2.7 Materiales Adecuados.

Es fundamental, se deben emplear cables con aislamiento XLPE o de características equivalentes, diseñados para resistir las condiciones del subsuelo. Asimismo, las canalizaciones deben estar hechas de materiales duraderos, como PVC, concreto o polietileno de alta densidad (PEAD), que ofrezcan resistencia y longevidad.

2.4.2.8 Compatibilidad con otros Servicios

Es esencial para evitar interferencias con instalaciones de telecomunicaciones, agua potable y alcantarillado. Esto requiere una coordinación adecuada con las

empresas responsables de estos servicios para asegurar una integración eficiente y segura en el entorno urbano.

El Acuerdo de Compartición de Infraestructura de Soterramiento es un convenio entre poseedores de títulos habilitantes de servicios del régimen general de telecomunicaciones de red privada y los propietarios de la infraestructura de soterramiento, el mismo que permite el despliegue y tendido de redes físicas en infraestructura de soterramiento.

Los elementos activos son dispositivos de una red física que requieren de alimentación eléctrica para su funcionamiento. Por otro lado, los elementos pasivos son dispositivos de una red física que no requieren de alimentación eléctrica para su funcionamiento.

El entibado es un arreglo con soportes (travesaños) que se construye en una zanja, para mantener firmes las paredes de la misma, para protegerla contra derrumbes.

El etiquetado mínimo es es la identificación que permite diferenciar la red física soterrada de cada uno de los prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones y de los operadores de redes privadas.

2.5 Marco Legal

Hans Kelsen diseñó la Pirámide de Kelsen, un modelo jerárquico que estructura el ordenamiento jurídico. En este sistema, las normas de menor rango deben ajustarse a las superiores para ser válidas. En la base se ubican las normas individualizadas, como contratos y resoluciones judiciales. Le siguen las normas reglamentarias, que incluyen reglamentos y decretos. Más arriba están las normas legislativas, como leyes orgánicas y códigos. En la cúspide se encuentran la Constitución y los tratados internacionales, que representan la máxima autoridad jurídica de un país.

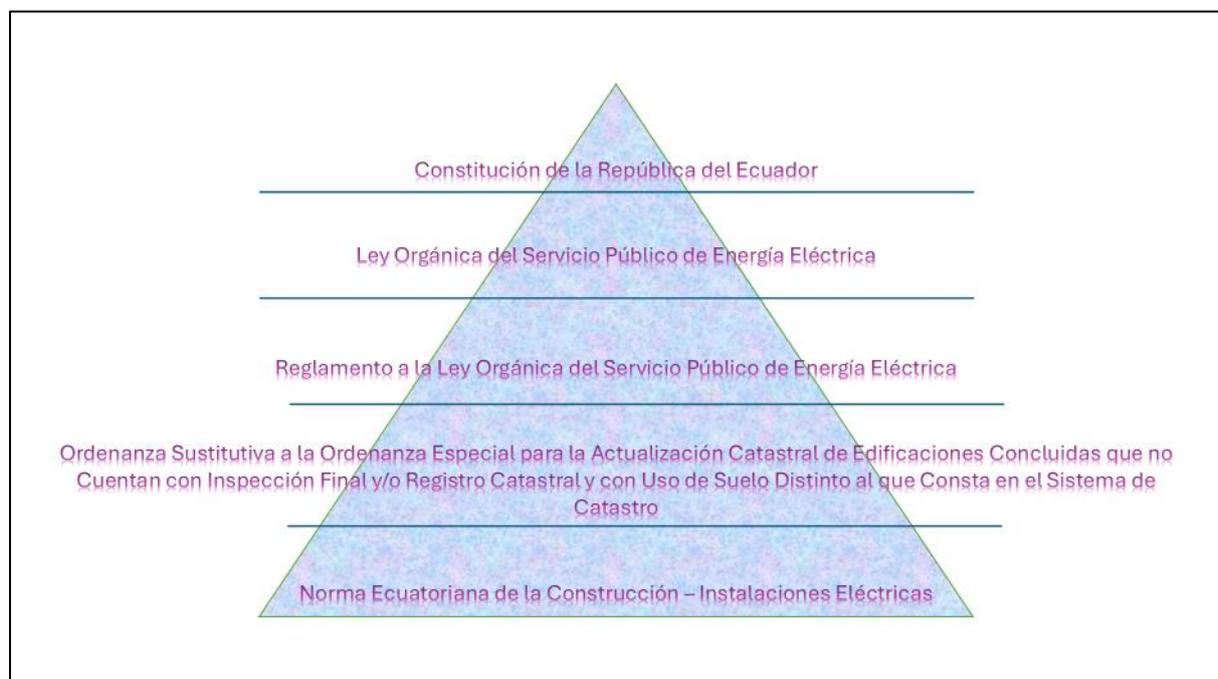
Figura 15: Pirámide de Kelsen.



Fuente: Grupo GCH División Legal (2024)

Posteriormente y en base a ese ordenamiento jurídico descrito por la imagen previa, se procedió a realizar una pirámide de Kelsen aplicada al contexto de la presente investigación.

Figura 16: Pirámide de Kelsen de la investigación.



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

2.5.1 Constitución del Ecuador

2.5.1.1 Artículo 314.

El artículo 314 reflejó un enfoque claro sobre la responsabilidad del Estado en la provisión de servicios públicos esenciales, que son fundamentales para el bienestar de la población y el desarrollo económico de un país. Al abarcar servicios tan diversos como agua potable, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad e infraestructuras de transporte, se enfatiza la importancia de un papel activo del gobierno en garantizar el acceso universal a estos servicios, lo cual es crucial para la calidad de vida y la equidad social.

Además, la inclusión de la frase: los demás que determine la ley, ofrece flexibilidad para incorporar otros servicios esenciales en el futuro, conforme evolucionen las necesidades de la sociedad. Sin embargo, esta responsabilidad del Estado también implica un reto significativo en términos de financiamiento, gestión eficiente y transparencia. El éxito en la provisión de estos servicios depende de la capacidad del gobierno para implementar políticas efectivas y garantizar que se cumpla con estándares de calidad y cobertura en todo el territorio.

2.5.1.2 Artículo 326, Numeral 15.

El artículo 326, en su numeral 15, subrayó la importancia de garantizar la continuidad de ciertos servicios públicos esenciales, incluso en contextos laborales donde se podría pensar en paralizaciones o huelgas. Al mencionar sectores tan fundamentales como la salud, el saneamiento, la educación, la seguridad social, la energía, el agua potable y la distribución de combustibles, se reconoce que estos son vitales para el funcionamiento básico de la sociedad y para el bienestar de la población.

El derecho al trabajo, en este contexto, se ve equilibrado con el principio de garantizar la prestación continua de estos servicios para evitar perjuicios a la comunidad. La prohibición de paralizaciones en estos sectores clave refleja una prioridad de protección social y estabilidad, lo que puede ser crucial para mantener el orden y la salud pública. Sin embargo, también es importante que la ley sea equitativa en la regulación, de manera que los derechos de los trabajadores sean respetados sin comprometer la calidad o la accesibilidad de los servicios.

Establecer límites adecuados para el funcionamiento de estos servicios, según la ley, es una forma de equilibrar los intereses de las personas que dependen de estos servicios y las necesidades de los trabajadores de estos sectores, permitiendo la preservación de la paz social y el bienestar colectivo.

2.5.1.3 Artículo 375, Numeral 6.

El numeral 6 de este artículo reflejó un compromiso del Estado para garantizar derechos fundamentales relacionados con el bienestar de la población, específicamente en lo que respecta al hábitat, la vivienda digna y el acceso a servicios básicos esenciales. La mención de asegurar la dotación ininterrumpida de servicios públicos como agua potable y electricidad a escuelas y hospitales públicos es particularmente relevante porque estos son dos pilares fundamentales para el funcionamiento adecuado de los sistemas educativos y de salud.

Garantizar estos servicios es esencial para asegurar la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente en sectores vulnerables. Las escuelas y hospitales son espacios donde se atienden necesidades críticas de la sociedad, y asegurar su acceso a servicios básicos sin interrupciones es un paso clave hacia la igualdad de oportunidades y el desarrollo humano. Además, este tipo de compromisos también refuerzan la responsabilidad del Estado en la mejora de las infraestructuras públicas y en la promoción de una sociedad más equitativa.

Sin embargo, también es importante que el Estado implemente políticas adecuadas para garantizar que estos servicios sean sostenibles y lleguen a todas las personas, sin discriminación, para que el derecho al hábitat y a la vivienda digna no solo se limite a una promesa, sino que se traduzca en acciones concretas y efectivas.

2.5.2 Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica

2.5.2.1 Artículo 65, Párrafos Primero y Segundo.

Este artículo proclamó una responsabilidad clara y adecuada sobre los ejecutores de proyectos inmobiliarios en cuanto a la instalación de la infraestructura eléctrica necesaria para urbanizaciones y edificios de propiedad horizontal. Asignar a los desarrolladores de estos proyectos la obligación de instalar redes eléctricas, estaciones de transformación y otros elementos necesarios para garantizar el servicio eléctrico es una práctica que puede asegurar la calidad y continuidad del servicio en

las nuevas urbanizaciones, además de distribuir la carga financiera de estas infraestructuras de manera justa.

La exigencia de que las redes eléctricas sean **subterráneas** también tiene varios beneficios, como la mejora estética de las áreas urbanas, la reducción del riesgo de fallas debido a condiciones meteorológicas adversas (como tormentas o vientos fuertes), y un menor impacto visual en el paisaje urbano. Esta es una medida que puede contribuir a un urbanismo más sostenible y seguro.

Sin embargo, también hay desafíos relacionados con esta normativa, como los costos adicionales que la instalación de redes subterráneas implica, tanto para los desarrolladores como para los residentes. Es importante que estos costos sean equilibrados de manera que no afecten el acceso a la vivienda ni encarezcan de manera significativa los proyectos inmobiliarios. Además, la implementación debe estar acompañada de una planificación y regulación adecuada para asegurar que las redes subterráneas se mantengan de manera eficiente y que no generen problemas a largo plazo.

2.5.2.2 Artículo 84, Párrafos Primero y Segundo.

Este artículo junto con sus dos primeros párrafos estableció un marco claro para que las empresas eléctricas tengan el derecho a ocupar terrenos para colocar postes, torres, transformadores y realizar el tendido de líneas, ya sea subterráneas o aéreas. La ocupación de terrenos para estas actividades es una necesidad logística y técnica para garantizar el suministro de energía, pero debe hacerse de manera organizada, con los estudios previos adecuados y bajo la coordinación con las autoridades competentes y otros prestadores de servicios públicos.

En cuanto al tendido de líneas subterráneas, la legislación que estipula la profundidad y las características de estas debe garantizar la seguridad, el respeto al medio ambiente y la minimización de impactos en el uso del suelo. Es importante que este proceso se realice de acuerdo con las regulaciones aplicables, con el fin de evitar conflictos con otras actividades en el terreno, como la agricultura, la construcción o el urbanismo.

Por otro lado, el tendido de líneas aéreas y la franja de servidumbre también es una medida necesaria, pero debe tener en cuenta el impacto visual y la seguridad. Es relevante que las autoridades y las empresas gestionen de manera eficiente la

planificación de estos trazados para evitar conflictos con las comunidades, especialmente si la colocación de postes y torres afecta terrenos privados o áreas urbanas.

En general, el artículo es coherente con la necesidad de equilibrar el desarrollo de infraestructuras eléctricas con la protección de derechos de los propietarios y el respeto por los usos del suelo, siempre bajo un marco de regulación clara que considere todos los aspectos técnicos, sociales y medioambientales. Sin embargo, es crucial que los derechos de los propietarios de los terrenos sean respetados y que se ofrezcan mecanismos de compensación adecuados si es necesario.

2.5.3 Reglamento a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica

2.5.3.1 Artículo 3, en sus Definiciones.

Esta definición del artículo 3 pondera un principio importante de la liberalización del sector eléctrico, garantizando que los participantes, ya sean generadores de electricidad u otros actores, tengan el derecho de acceder a los sistemas de transmisión o distribución de electricidad bajo condiciones transparentes y reguladas. Este derecho al libre acceso es esencial para fomentar la competencia y mejorar la eficiencia del sector energético, ya que permite la entrada de nuevos actores que pueden generar o distribuir energía, lo que potencialmente beneficia a los consumidores mediante precios más competitivos y servicios mejorados.

Sin embargo, el hecho de que este acceso esté condicionado a un análisis técnico y económico previo tiene sentido, ya que asegura que el sistema eléctrico no se sobrecargue o se vea comprometido por conexiones inadecuadas o descoordinadas, lo que podría generar problemas de estabilidad, calidad en el suministro, o incluso poner en riesgo la seguridad del sistema. El análisis técnico garantiza que la infraestructura existente tenga suficiente capacidad para manejar nuevas conexiones, mientras que el análisis económico asegura que las nuevas conexiones sean viables desde el punto de vista financiero y no perjudiquen la rentabilidad o la sostenibilidad del sistema en su conjunto.

Este enfoque equilibrado asegura que se priorice la seguridad y eficiencia operativa del sistema eléctrico mientras se mantiene un marco de acceso abierto para fomentar la competitividad y la innovación dentro del sector. En resumen, la frase

describe una política que favorece la inclusión y expansión del mercado eléctrico sin poner en riesgo la estabilidad del suministro.

2.5.4 Ordenanza Sustitutiva a la Ordenanza Especial para la Actualización Catastral de Edificaciones Concluidas que no Cuentan con Inspección Final y/o Registro Catastral y con Uso de Suelo Distinto al que Consta en el Sistema de Catastro

2.5.4.1 Artículo 8, Literal a).

El artículo aborda un aspecto crucial relacionado con la seguridad en la construcción de edificaciones, especialmente cuando se trata de salientes o voladizos. En este contexto, la norma parece establecer un procedimiento para asegurar que las edificaciones con características especiales, como voladizos, no pongan en riesgo la seguridad de los ocupantes ni interfieran con la infraestructura de servicios públicos, como las líneas de tendido eléctrico.

El enfoque que se propone es prudente y responde a la necesidad de equilibrar el desarrollo urbano con la protección de la seguridad pública. Al exigir que el propietario obtenga un documento oficial que certifique que la distancia entre el voladizo y los cables de tendido eléctrico no representa un peligro, se está priorizando la prevención de accidentes. Este tipo de regulaciones es esencial para evitar situaciones en las que la proximidad de las estructuras a las líneas eléctricas pueda generar riesgos, como cortocircuitos, descargas eléctricas o incluso incendios.

Sin embargo, la frase también señala que el voladizo puede ser permitido si no hay interferencia con los cables aéreos, lo que da un cierto grado de flexibilidad, pero siempre bajo la premisa de que la seguridad no se vea comprometida. Este tipo de regulación contribuye a un crecimiento ordenado de las ciudades, garantizando que la construcción sea compatible con la infraestructura existente sin generar riesgos innecesarios.

Básicamente, esta norma refleja una buena práctica de regulación que busca garantizar que las modificaciones en la construcción, como los voladizos, no interfieran con la seguridad de los servicios públicos y la integridad de las personas que habitan las edificaciones.

2.5.5 Norma Ecuatoriana de la Construcción – Instalaciones Eléctricas

2.5.5.1 Numeral 3.1.

Esta sección estableció que la instalación eléctrica debe garantizar la seguridad de las personas y los bienes, protegiendo contra los riesgos derivados del uso de la electricidad y cumpliendo con estándares de calidad y continuidad del servicio. El diseño eléctrico debe basarse en los planos arquitectónicos y las características físicas de la vivienda, y debe haber una coordinación adecuada entre los diseños eléctrico, telefónico, electrónico, hidráulico, estructural y sanitario.

Además, el proyecto debe incluir los cálculos técnicos y planos eléctricos conforme a la norma IEC 60617, los cuales deben estar consignados en la memoria técnica descriptiva. Esta norma establece los requisitos mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas y está dirigida a profesionales especializados. Cualquier aspecto no contemplado en la norma debe regirse por el Código Eléctrico Nacional vigente.

2.5.5.2 Numeral 3.3.

Este numeral hace alusión a una práctica común y necesaria en la ingeniería civil para garantizar que las instalaciones de viviendas sean seguras y adecuadas en cuanto al suministro de electricidad. El uso de factores de demanda, establecidos en función del tipo de vivienda y su área de construcción, es fundamental para dimensionar correctamente los sistemas eléctricos, evitando sobrecargas y asegurando un suministro adecuado de energía a las distintas áreas de la vivienda.

La clasificación de viviendas según su área de construcción y la asignación de un número mínimo de circuitos de iluminación y tomacorrientes es una forma eficiente de asegurar que las viviendas, independientemente de su tamaño, tengan la infraestructura eléctrica necesaria para un funcionamiento seguro y eficiente. La distribución de los circuitos según la categoría de la vivienda garantiza que cada tipo de hogar reciba un nivel adecuado de atención según sus necesidades eléctricas.

El hecho de que en viviendas grandes o especiales se requiera un circuito adicional por cada 100 m² o fracción es una medida sensata, dado que las casas más grandes suelen tener una mayor demanda energética, con más dispositivos y sistemas que requieren una distribución adecuada de la electricidad. Esta estrategia

ayuda a prevenir problemas como el sobrecalentamiento de cables y disyuntores, contribuyendo a la seguridad general de las instalaciones.

En general, esta disposición refleja una adecuada planificación de la infraestructura eléctrica en viviendas, alineada con las normativas y buenas prácticas de la industria. Además, proporciona flexibilidad para adaptarse a viviendas de diferentes tamaños, asegurando una solución de electrificación práctica y eficiente.

Tabla 8: Clasificación de viviendas según el área de construcción.

TIPO DE VIVIENDA	ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m ²)	Número Mínimo de Circuitos	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	A < 80	1	1
Mediana	80 < A < 200	2	2
Mediana grande	201 < A < 300	3	3
Grande	301 < A < 400	4	4
Especial	A > 400	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²	1 por cada 100 m ² o fracción de 100 m ²

Fuente: NEC – Instalaciones eléctricas (2018)

2.5.5.3 Numeral 3.4

En esta sección se presentó una tabla con factores de demanda (FD) para iluminación y tomacorrientes en función del tipo de vivienda. La clasificación de viviendas y los factores de demanda ayudan a determinar el consumo energético de las instalaciones eléctricas de acuerdo con el tamaño y tipo de la vivienda. Estos factores se ajustan para optimizar el uso de la energía y asegurar una instalación adecuada.

La tabla reflejó que, a medida que la vivienda aumenta en tamaño, los factores de demanda para iluminación y tomacorrientes disminuyen, lo que puede indicar que en viviendas más grandes se espera una mayor distribución y eficiencia del uso energético.

Este enfoque es práctico, ya que establece criterios claros para dimensionar correctamente las instalaciones eléctricas, y ayuda a garantizar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico en diferentes tipos de viviendas. Sin embargo, es importante que estos valores sean aplicados según las características específicas de

cada proyecto y que se verifiquen conforme a normativas vigentes para asegurar su efectividad.

Tabla 9: Factores de demanda por tipo de vivienda.

VIVIENDA TIPO	FD Iluminación	FD Tomacorrientes
Pequeña-mediana	0,70	0,50
Mediana grande-Grande	0,55	0,40
Especial	0,53	0,30

Fuente: NEC – Instalaciones eléctricas (2018)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la Investigación

De acuerdo con el origen de los datos a ser recolectados se pudo establecer la naturaleza del enfoque de investigación, es decir, la característica principal de la información a ser levantada determina el enfoque. Esta característica puede ser de tipo mixta, cualitativa o mixta (unión de ambas) y para el caso de la presente investigación, la información fue de tipo mixta, es decir, existieron datos tanto cuantitativos como cualitativos.

En base a eso, se diseñaron las técnicas que permitirían obtener los datos y, precisamente, las técnicas respondieron a la misma naturaleza o característica principal, es decir, fueron técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas, a saber, la observación estructurada, la encuesta y el análisis documental como técnicas cualitativas; y el sondeo de mercado cuantitativo.

Arias (2023), al respecto de investigaciones mixtas, explicó que el análisis realiza sobre el paradigma pragmático como fundamento epistemológico para los métodos mixtos en la investigación. Este paradigma, basado en el pragmatismo de Pierce y James, considera la utilidad práctica como criterio de verdad. Mientras los enfoques cuantitativos y cualitativos se sustentan en paradigmas positivistas e interpretativos respectivamente, los métodos mixtos requieren una base filosófica propia, siendo el pragmatismo una opción emergente pero aún poco desarrollada en el ámbito académico latinoamericano.

Según el autor, resulta importante conocer sobre los paradigmas de investigación dado que los enfoques de investigación se encuentran sustentados en la elección del paradigma. Por ello, explicó que dentro de la evolución y clasificación de los paradigmas en la investigación inicialmente, se identifican dos paradigmas dominantes: el positivismo, enfocado en la explicación objetiva de la realidad y sobre el que se sustentan los enfoques cuantitativos; y el interpretativismo, que busca comprender la realidad desde una perspectiva subjetiva y sobre el cual se sustentan los enfoques cualitativos. Posteriormente, con el surgimiento de la Teoría Crítica, se

añadió un tercer paradigma, el socio-crítico, que promueve la transformación de la realidad social, combinando explicación, comprensión y acción.

Con el tiempo, se han propuesto clasificaciones más amplias. Se introdujeron cuatro paradigmas, distinguiendo el positivismo clásico del postpositivismo, que acepta una realidad independiente, pero admite su conocimiento parcial e inexacto. Más recientemente, se incorporó el pragmatismo como un paradigma que busca conciliar posturas opuestas, evitando extremos como el dogmatismo o el escepticismo. Precisamente, sobre este último se sustentan los enfoques mixtos.

El pragmatismo filosófico sostiene que el conocimiento es verdadero si posee valor práctico y utilidad. Este enfoque respalda el paradigma pragmático, entendido como un sistema de creencias derivado del pragmatismo, que busca integrar diferentes métodos y perspectivas para abordar los problemas de la investigación social.

En conclusión, los paradigmas no son teorías verificables, sino marcos de creencias que permiten flexibilidad y creatividad en la investigación. Esto resalta la importancia del paradigma pragmático para consolidar los métodos mixtos, adaptándolos a las necesidades de la investigación social contemporánea.

3.2 Alcance de la Investigación

El alcance de la presente investigación fue determinado en base a la utilidad posterior de los resultados obtenidos. Este alcance fue definido como de tipo descriptivo y se sustentó en la utilidad posterior que se planificó darles a los resultados luego de obtenerlos.

Una investigación puede estar descrita por tres tipos de alcance, a saber, un alcance descriptivo busca generar una descripción del fenómeno de estudio con mayor profundidad, mientras un alcance exploratorio busca generar datos nuevos o desconocidos sobre la naturaleza del fenómeno. Por otro lado, un alcance correlacional busca encontrar la relación que guardan las variables de investigación.

Corona y Fonseca (2023), centraron su atención sobre las hipótesis en investigaciones y con base en sus descubrimientos presentaron la clasificación de investigaciones según su alcance:

Exploratorias: Abordan temas con poco conocimiento, carecen de hipótesis debido a la incertidumbre.

Descriptivas: Determinan características de un fenómeno; su uso de hipótesis es debatido, aceptándose solo si predicen fenómenos específicos.

Correlacionales: Analizan relaciones entre variables; requieren hipótesis correlacionales.

Explicativas: Establecen causalidad; exigen hipótesis causales.

Según los autores, la necesidad de hipótesis depende del alcance del estudio: son esenciales en investigaciones correlacionales y explicativas, opcionales en descriptivas y no aplicables en exploratorias. Se enfatiza la importancia de comprender y emplear correctamente las hipótesis para garantizar investigaciones sólidas y bien fundamentadas.

3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

3.3.1 Operacionalización de la Variable

La operacionalización de la variable de investigación es un proceso mediante el cual se puede desagregar la variable en sus características más esenciales. De esta manera, se puede lograr establecer criterios que permitan llegar a una propiedad cuantificable o cualificable según sea la naturaleza de la variable.

Para el caso de la variable de investigación del presente proyecto, se determinó que dicha variable era la eficiencia ya que, el propósito de realizar una evaluación entre un sistema actual y una alternativa propuesta es determinar que sistema brinda las características óptimas.

Tabla 10: Desagregación de la variable de investigación.

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Instrumento
Eficiencia	Capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recursos	Recursos	Cantidad de recursos	-Presupuesto -Observación -Encuesta

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

3.3.2 Esquema Metodológico

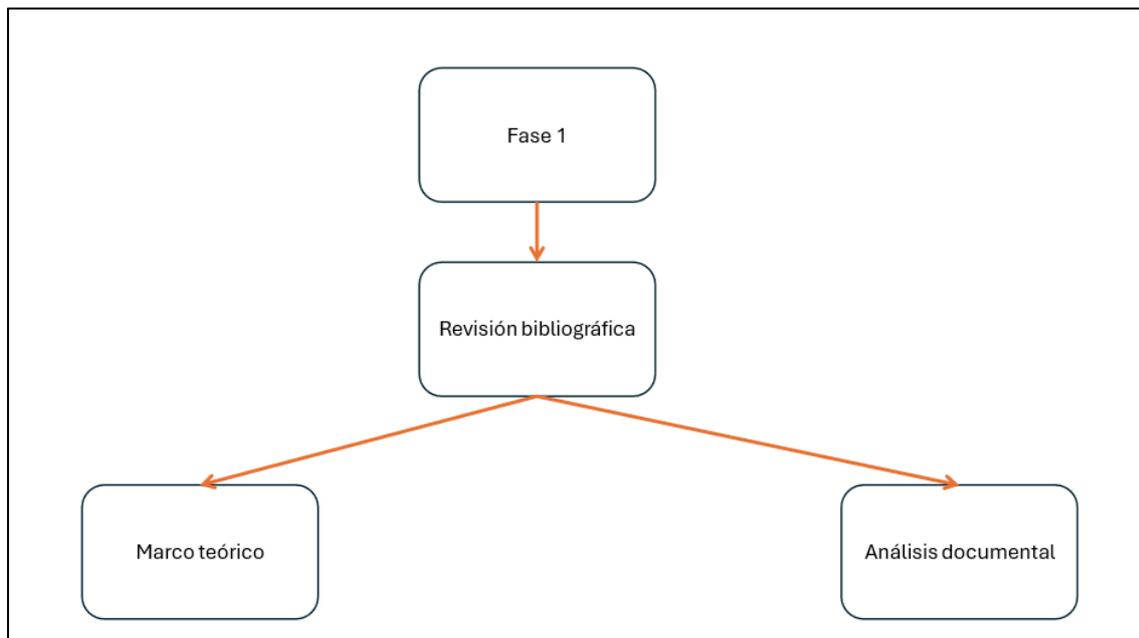
3.3.2.1 Fase 1.

La presente investigación aplicó la revisión de documentos tales como tesis, artículos científicos y libros referidos a los sistemas de redes de distribución eléctrica por cables tanto aéreos como soterrados. Esto con propósito analizar y sintetizar información relevante, recopilando y evaluando fuentes especializadas que permitan comprender su evolución, enfoques teóricos y aplicaciones en distintos contextos.

Esta metodología permitió contrastar diversas perspectivas y aportar un análisis crítico sobre el estado actual del conocimiento en la materia de los sistemas de cableado. Esta revisión bibliográfica fue estructurada en dos subprocesos, el primero se concretó gracias a la elaboración de un marco teórico en segundo capítulo de este documento donde se explicó de manera general el estado del arte con referencia al tema de investigación.

Mientras, el segundo subproceso fue concretado mediante una búsqueda más avanzada y específica, con un alto nivel de detalle citando autores que destacaron las ventajas que consideraron como criterios de comparación importante entre los sistemas de cableado aéreo y soterrado.

Figura 17: Fase 1 del esquema metodológico.



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

3.3.2.2 Fase 2.

Mediante una encuesta se buscó conocer la percepción, viabilidad y efectos de la problemática suscitada en el sector estudiado en distintos grupos de interés, como ciudadanos y comerciantes.

El proceso inició con la definición de objetivos, enfocándose en la percepción del impacto estético y de seguridad; y preocupaciones sobre los peligros de la saturación de cables. Luego, se seleccionó una muestra representativa para el conjunto muestral.

El cuestionario incluyó preguntas cerradas sobre la percepción del problema, conocimiento de problemas del cableado aéreo y la percepción de seguridad correlacionada con el conocimiento de dicha problemática. La encuesta se aplicó de forma digital, ampliando su alcance a través de la difusión del link de Google Forms.

Los datos recolectados se analizaron estadísticamente para identificar patrones de opinión y nivel de aceptación, presentando los resultados en gráficos y reportes. Finalmente, se formularon conclusiones y recomendaciones, proponiendo estrategias para mejorar la comunicación y ejecución del proyecto, asegurando su respaldo por parte de la comunidad.

Además, para comparar cualitativamente el cableado aéreo y el soterrado, se empleó una tabla de ventajas y desventajas que permitió analizar sus diferencias de manera clara.

El proceso comenzó con la definición de criterios de comparación, considerando aspectos clave como costo de construcción, costo de operación, costo de mantenimiento, vida útil e impacto ambiental. Luego, la información se organizó en una tabla con dos columnas principales: una para las ventajas y otra para las desventajas de cada sistema. Este enfoque facilitó la toma de decisiones, permitiendo evaluar cuál opción es más conveniente según el contexto y las necesidades del proyecto.

3.3.2.3 Fase 3.

La fase 3 del proyecto se centró en la elaboración del presupuesto referencial para la instalación de cableado soterrado y aéreo. Para el soterrado, el presupuesto se calculó tomando como unidad de referencia una cuadra (de poste a poste),

considerando los altos costos de excavación, ductos y sistemas de protección. Se incluyeron elementos como cables de alta tensión, ductos, empalmes y cámaras de inspección.

Para el cableado aéreo, el presupuesto se basó en el tipo de cable y la cantidad de postes, e incluyó cables conductores, postes, aisladores, transformadores y accesorios. Ambos presupuestos fueron obtenidos mediante un sondeo de mercado, siguiendo formatos de contratación pública y privada, lo que permitió establecer costos realistas y facilitar la comparación entre los dos sistemas.

El modelado 2D en AutoCAD fue fundamental para representar gráficamente el proyecto de soterramiento eléctrico en Babahoyo, en colaboración con el GAD Municipal. Permitted identificar las zonas más afectadas por el cableado aéreo y facilitó una planificación precisa para su ejecución. Este modelado garantizó la precisión y organización en la ubicación de ductos, cámaras de inspección y puntos de conexión, evitando interferencias con otras infraestructuras.

Además, optimizó el uso del subsuelo y aseguró el cumplimiento de normativas de seguridad. También contribuyó al control de costos y recursos, proporcionando estimaciones de materiales y mano de obra. Finalmente, la documentación generada facilitará el mantenimiento y futuras expansiones, asegurando la sostenibilidad del proyecto sin excavaciones innecesarias.

El soterramiento de cables, aunque tiene beneficios estéticos y de seguridad, genera varios impactos ambientales que deben considerarse. Los impactos negativos incluyen:

1. Alteración del suelo y ecosistemas subterráneos: La excavación puede modificar la estructura del suelo, afectar la biodiversidad del subsuelo y dañar las raíces de árboles, además de alterar las propiedades químicas del suelo y afectar el flujo de agua subterránea.
2. Generación de residuos y contaminación: Se generan escombros, residuos de construcción y posibles contaminantes como aceites dieléctricos, que pueden afectar el ambiente si no se gestionan adecuadamente.

Por otro lado, los impactos positivos son:

1. Reducción de contaminación visual y acústica: El soterramiento mejora el paisaje urbano y disminuye el ruido generado por el mantenimiento de las líneas aéreas.
2. Reducción de riesgos de accidentes: El soterramiento reduce el riesgo de incendios y accidentes relacionados con las redes aéreas, y protege a la fauna.
3. Mayor vida útil y menor mantenimiento: Los cables soterrados tienen una mayor durabilidad y requieren menos reparaciones.

3.3.3 Observación Estructurada

En aras del cumplimiento de la actividad fijada para el primer objetivo específico, se escogió la técnica de observación estructurada junto con su instrumento clásico llamado guía de observación. La observación como tal se enmarca en el ámbito de las técnicas cualitativas siendo congruente con el tipo de información a ser obtenida la cual es precisamente cualitativa.

Mediante esta técnica se planificó inicialmente recolectar datos agrupados por medio de criterios de selección. Dichos criterios estuvieron basados en las características principalmente esperadas a observar en el sistema actual de red de transmisión eléctrica en la ciudad de Babahoyo enfocándose en las particularidades del sector calle Roldós hasta la calle Flores entre General Barona y 9 de Octubre.

El estado actual del sector concentra la mayor cantidad de la problemática suscitada en la ciudad de Babahoyo. Esta zona de alta afluencia popular y de tránsito vehicular ha tenido una evolución creciente de las actividades comerciales y esto inevitablemente ha acrecentado los requerimientos energéticos diarios para sus usuarios.

Adicionalmente, la ausencia de planificación y coordinación en las instalaciones eléctricas ha generado enjambres de cables que pueden ser visto a simple vista y que están propensos a daños y perjuicios por imprevistos relacionados con condiciones subestándar conocidas dentro del ámbito de la seguridad industrial.

Para documentar adecuadamente esta situación se diseñó la guía de observación cuyo eje central fueron los criterios de acumulación de líneas de energía, condiciones de deterioro visibles y distancias seguras de aislamiento.

Tabla 11: Guía de observación.

Criterio	Descripción	Sí	No	N/A	Registro fotográfico
Líneas de electricidad	Puntos de acumulación				
	Congestión				
Condiciones físicas	Deterioro				
	Daños visibles				
Distanciamientos de seguridad	Distanciamiento con estructuras				
	Distanciamiento del tránsito peatonal				

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

3.3.4 Encuesta

La encuesta fue una técnica cuantitativa que fue escogida atendiendo al criterio de complementación que se decidió darle a la recolección de los datos desde la planificación. Esta técnica permitió cohesionar la información obtenida mediante la observación desde una perspectiva matemático-estadística. Proporcionó un respaldo cuantificable al determinar el grado de acierto de las observaciones realizadas para confirmar si los criterios seleccionados han formado parte de la percepción de los moradores sobre el estado actual de la red.

El instrumento clásico de la encuesta es el cuestionario y este fue diseñado de tal forma que cumpliera la idea principal concebida para esta técnica la cual fue la de complementar a la técnica de observación. Por ello, las preguntas relacionadas con la red de transmisión fueron propuestas en base a los criterios de selección que fueron inicialmente dispuestos sobre la guía de observación.

De forma estadística se buscó establecer un marco de referencia proporcionado por las personas que moran el sector y en general son usuarios de sus servicios de electricidad. Además, el método de difusión fue aplicado mediante la herramienta digital Google Forms para generar un cuestionario digital al cual las personas puedan acceder a través de un link desde sus celulares. Esto evidentemente dinamizó el alcance de la encuesta a un mayor número de personas para generar datos más precisos.

Tabla 12: Encuesta.

Preguntas	Sí	No	No se
¿Ha notado alguna molestia con la cantidad de cables tendidos en los postes de luz?			
¿Se ha percatado de algún tipo de daño o deterioro de los cables aéreos?			
¿Ha ocurrido algún tipo de daño en el sector ocasionado por los cables aéreos?			
¿Cree que los cables deberían estar más lejos de los edificios?			
¿Ha notado cables caídos que puedan ser manipulados por niños o personas?			

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

3.3.5 Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto referencial se tomaron en cuenta los valores referenciales de mercado actuales para rubros y cantidades necesarias para la ejecución del proyecto. Estos rubros correspondían a las actividades que debían realizar en obra.

El área considerada para la ejecución de la obra civil del proyecto fue determinada en base a la mínima unidad de extensión territorial. Esta unidad se definió como una cuadra de poste a poste, es decir, el presupuesto contará con los valores correspondientes al soterramiento de una cuadra completa. Además, el formato escogido para la table de rubros y cantidades fue el mismo que se maneja actualmente en procesos de contratación tanto pública como privada.

Tabla 13: Formato para tabla de rubros y cantidades.

Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
			Subtotal	
			I.V.A. (15%)	
			Total	

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

3.3.6 Análisis Documental

Gran parte del análisis del estado del arte con respecto a ambas redes, tanto la red soterrada como la red aérea, fue cubierto gracias al marco teórico de la presente investigación. Sin embargo, cabe resaltar algunos autores que han destacado por su

aporte a enfatizar las ventajas y desventajas de ambas formas de construcción de redes eléctricas.

Cabe recalcar que este apartado pretendió dar cumplimiento al objetivo específico número dos ya que, el análisis documental es una herramienta fundamental para la investigación y la toma de decisiones. Permite examinar y organizar información a partir de documentos existentes. Su utilidad radica en el acceso a datos confiables provenientes de fuentes oficiales y estudios previos, evitando la necesidad de realizar nuevas mediciones.

Además, representa un ahorro de tiempo y recursos al reducir los costos asociados a estudios de campo. También proporciona una base sólida para la toma de decisiones al identificar tendencias y problemáticas en diversos ámbitos. Asimismo, ayuda a detectar vacíos de información que requieren mayor investigación y permite comparar y evaluar distintas fuentes para obtener conclusiones precisas.

En el caso de un análisis comparativo, como el de redes eléctricas soterradas y aéreas, facilita la recopilación de información sobre costos e impactos, permitiendo una evaluación más objetiva y fundamentada.

3.3.7 Modelo Digital 2D

El modelado 2D en AutoCAD se utilizó para la presentación de dibujos técnicos y planos detallados obtenidos gracias a la colaboración del GAD Municipal de Babahoyo. Algunas de sus principales aplicaciones incluyeron la esquematización gráfica de las zonas con mayor concentración de la problemática. De esta forma se pretende que sea posible el abordaje específico de las áreas conflictivas en un caso posterior donde se decida llevar a cabo la ejecución del proyecto.

El modelado 2D en AutoCAD fue esencial porque proporcionaría precisión, organización y claridad en la representación del proyecto y sirve de línea base antes de pasar a la fabricación o construcción en un proyecto posterior de implementación neta.

3.4 Población y Muestra

La población se definió como el conjunto de elementos para los cuales se aplicarían las técnicas de investigación. Para el presente caso, la población fue el conjunto de personas usuarias del sector que conforma el área de influencia del

proyecto, ya sea como morador o como usuario habitual de los espacios comerciales; o que en su momento realice alguna actividad cotidiana la cual permita reflejar el conocimiento amplio de la zona.

Tabla 14: Población y muestra.

Población	Usuarios del sector calle Roldós hasta la calle Flores entre General Barona y 9 de octubre
Muestra	Usuarios de una cuadra considerada de poste a poste dentro del sector de población

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

El criterio de selección del conjunto población se basó en la cercanía y conocimiento que tienen las personas usuarias del sector, es decir, personas que por una actividad económica o por su cualidad de moradores, están presentes en el sector y tienen una visión más detallada y específica sobre las circunstancias del cableado presente.

Por otro lado, la muestra fue definida como un subconjunto del conjunto antes mencionado. Para ello fue necesaria la inclusión del método de muestreo que se ampliará en la siguiente sección. Dicho método fue el muestreo aleatorio simple.

Condori (2020), al respecto de los conjuntos de población y muestra explicó que una definición general y clara sobre los conceptos de universo o población objetivo, población y muestra en el contexto de la investigación, lo que es fundamental para el diseño de estudios cuantitativos. Sin embargo, algunos de sus puntos más precisos fueron los siguientes:

Universo: Al mencionar que son elementos globales, finitos e infinitos, sería útil especificar más sobre la diferencia entre una población finita e infinita. La globalidad también podría ser aclarada, ya que no todos los estudios se refieren a una población global (por ejemplo, poblaciones locales, específicas, etc.).

Población: Al concepto de población podría añadirse que no solo se refiere a lo accesible, sino también a los elementos dentro del ámbito de estudio que se busca analizar. En este caso, se menciona que pertenecen al ámbito especial, lo cual está bien, pero una referencia a las características que la definen podría ser beneficiosa.

Muestra: La definición de muestra se puede expandir para destacar cómo se selecciona una muestra representativa (por ejemplo, aleatoriamente, por cuotas, etc.) y su importancia en la generalización de los resultados obtenidos a la población total.

El texto del autor constituyó un buen punto de partida para entender estos conceptos, pero la inclusión de ejemplos o un poco más de profundidad en algunos aspectos ayudaría a reforzar la comprensión del lector.

3.5 Tipos de Muestra en Investigación Cualitativa

El muestreo aleatorio simple es un método de selección de muestras en el que todos los elementos de una población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Es una técnica fundamental en estadística porque garantiza imparcialidad y representatividad, siempre que se aplique correctamente.

Valdivieso (2020), profundizó en esta técnica de muestreo y dijo que el muestreo aleatorio simple (MAS) es un método donde cada muestra de tamaño n tiene la misma probabilidad de ser seleccionada. Si la población es infinita, el MAS se ajusta a la definición teórica de muestra aleatoria. En la práctica, las poblaciones suelen ser finitas, con N elementos, por lo que es necesario analizar el tamaño de muestra y los errores de estimación en parámetros como la media poblacional μ , el total poblacional τ y la proporción de elementos p con una característica específica.

Además, el autor explicó que existen dos tipos de MAS:

- MAS con reemplazamiento (MASc): Se seleccionan unidades al azar y pueden ser elegidas más de una vez.
- MAS sin reemplazamiento (MASs): Cada unidad solo puede ser seleccionada una vez.

El MASc permite que las variables seleccionadas sean independientes, ya que la selección de una unidad no afecta las siguientes elecciones. En cambio, en el MASs, la muestra se elige sin reposición, por lo que seleccionar elementos uno a uno es equivalente a seleccionar toda la muestra de una vez. Este enfoque es clave en la estadística inferencial, ya que permite estimar con precisión los parámetros poblacionales y diseñar estrategias eficientes de muestreo.

Ecuación 2: Formulación de muestreo aleatorio simple.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * (1 - p)}$$

Fuente: Questionpro (s.f.)

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

N: Tamaño de la población.

Z: Valor de distribución normal relacionado con el nivel de confianza requerido, en general, 1.96 para un 95%.

p: Proporción esperada de la población con la característica de interés, se usa 0.5 si no se conoce.

e: Margen de error aceptable dado en decimal, por ejemplo, 0.05 para un 5%.

Así, se obtuvo el siguiente resultado:

$$n = \frac{26 * 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{0.05^2 * (26 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$n = 24.41 = 25$$

3.6 Elaboración del Análisis del Impacto Ambiental

El soterramiento de cables, aunque tiene beneficios estéticos y de seguridad, también genera impactos ambientales que deben considerarse en su planificación e implementación. A continuación, se mencionan los principales efectos ambientales asociados:

3.6.1 Impactos Negativos

3.6.1.1 Alteración del Suelo y Ecosistemas Subterráneos.

La ejecución de un proyecto de soterramiento de líneas de distribución eléctrica puede alterar el suelo y los ecosistemas subterráneos de diversas maneras, dependiendo de la magnitud del proyecto, el tipo de suelo y las condiciones ambientales del lugar. La excavación para enterrar los cables puede afectar la estructura del suelo, alterando su composición y capacidad de drenaje. Además, puede dañar raíces de árboles y afectar la fauna del subsuelo, como lombrices y microorganismos esenciales para la fertilidad del suelo.

1. Alteración física del suelo: Dentro de la excavación y remoción de suelo, la apertura de zanjas para el soterramiento de cables implica la remoción de capas de

suelo, lo que puede modificar su estructura, compactación y permeabilidad. Por ello, es importante entender que se produce una compactación del suelo al paso de maquinaria pesada sobre la superficie, reduciendo su porosidad y capacidad de infiltración. Esto afecta la absorción de agua y la aireación.

Por otro lado, no es menos importante considerar la erosión. En áreas con pendientes o suelos frágiles, la remoción de la capa superficial puede aumentar la susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica.

2. Afectación a microorganismos y fauna subterránea: Se produce una pérdida de biodiversidad del suelo ya que, la excavación puede destruir hábitats de microorganismos esenciales para el ciclo de nutrientes y la salud del suelo, como bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrícicos. Además, existiría un impacto en la fauna subterránea. Especies como lombrices, insectos y pequeños mamíferos pueden ver alterado su hábitat, sufriendo desplazamientos o incluso la muerte por la alteración del suelo.

3. Modificación de las propiedades químicas del suelo: Existe una proliferación de la contaminación por materiales de construcción sobre todo durante el proceso de instalación de los cables. Pueden liberarse contaminantes como aceites dieléctricos, lubricantes y residuos de PVC, afectando la composición química del suelo. También, puede producirse una alteración del pH y la composición del suelo. Algunos recubrimientos de cables o materiales utilizados en la instalación pueden modificar la acidez o alcalinidad del suelo, afectando su fertilidad.

4. Interrupción del flujo de agua subterránea: El nivel freático puede verse afectado en zonas con niveles freáticos altos, las excavaciones pueden modificar el flujo del agua subterránea, afectando la disponibilidad de agua para vegetación y ecosistemas cercanos. Además, la alteración del drenaje natural por la compactación y presencia de estructuras impermeables pueden alterar los patrones de infiltración del agua de lluvia, aumentando la escorrentía superficial y el riesgo de inundaciones.

5. Alteración de la vegetación y raíces de árboles: Este tipo de proyecto es proclive a daño a sistemas radiculares. La apertura de zanjas puede cortar raíces de árboles y arbustos, debilitándolos y afectando su estabilidad y crecimiento. Incluso se pueden prever una pérdida de cobertura vegetal ya que, La remoción de vegetación

durante las obras puede provocar la degradación del suelo y la pérdida de especies vegetales, lo que puede tardar años en recuperarse.

3.6.1.2 Generación de Residuos y Contaminación.

Durante las obras, se generan escombros, residuos de materiales de construcción y potencial contaminación por aceites y compuestos químicos utilizados en los cables. En zonas urbanas, las excavaciones pueden liberar contaminantes atrapados en el suelo.

Durante el proceso de excavación, instalación y terminación del proyecto, se generan distintos tipos de residuos. Al respecto de los residuos sólidos, se generan residuos tales como tierra, rocas y escombros extraídos durante la apertura de zanjas o túneles. Si no se manejan adecuadamente, pueden causar erosión o sedimentación en cuerpos de agua cercanos.

Otros residuos sólidos pueden incluir restos de materiales de construcción como concreto, acero, tuberías de PVC, cables en desuso y residuos de materiales aislantes como polietileno y poliuretano. Además, desechos de empaques y embalajes tales como plásticos, cartón, madera y otros materiales utilizados en el transporte y almacenamiento de equipos eléctricos.

3.6.2 Impactos Positivos

3.6.2.1 Reducción de Contaminación Visual y Acústica.

El soterramiento de las líneas de transmisión eléctrica mejora el paisaje urbano y evita el impacto visual negativo de los cables aéreos. Además, disminuye el ruido generado por el mantenimiento frecuente de líneas aéreas.

3.6.2.2 Reducción de Riesgos de Accidentes.

Existe también un menor riesgo de incendios y accidentes en la ejecución de estos proyectos ya que, reducen el peligro de incendios por cortocircuitos en redes aéreas, lo que disminuye la contaminación del aire por combustión de materiales eléctricos. También, disminuye los accidentes por caída de cables en tormentas o sismos, protegiendo a la fauna y evitando contaminación por derrames de cables dañados.

3.6.2.3 Vida Útil.

Respecto de la vida útil, se puede decir que es mayor en la implementación de estos proyectos y, además, requieren menor mantenimiento. Los cables soterrados tienen menor exposición a factores climáticos, lo que reduce la necesidad de reparaciones frecuentes y la generación de residuos eléctricos.

3.6.3 Medidas para Mitigar Impactos Ambientales

En conclusión, el soterramiento de cables puede tener beneficios importantes, pero su ejecución debe planificarse cuidadosamente para reducir su impacto ambiental, especialmente en zonas con ecosistemas sensibles o suelos con alta permeabilidad.

Por ello, se han propuesto los siguientes ítems que constituyen una recopilación de las medidas necesarias de mitigación:

- Estudios de impacto ambiental previos para minimizar daños en el suelo y ecosistemas.
- Uso de materiales reciclables o biodegradables en el aislamiento y protección de cables.
- Técnicas de excavación controladas, como microtunelado o perforación dirigida, para reducir la alteración del suelo.
- Reforestación y restauración del área tras las obras para minimizar la pérdida de vegetación.

3.6.4 Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold es una herramienta de evaluación ambiental utilizada para identificar, analizar y valorar los impactos ambientales de diferentes proyectos o actividades. Fue desarrollada por el ingeniero ambiental Stanley Leopold y se utiliza principalmente en estudios de impacto ambiental (EIA). La matriz organiza los impactos de un proyecto en una tabla que cruza las actividades del proyecto (por ejemplo, excavación, construcción, operación) con los factores ambientales afectados (como el aire, el suelo, la fauna, entre otros). Cada celda de la tabla se evalúa en términos de la magnitud del impacto y su importancia, lo que permite una visión clara y objetiva de cómo un proyecto puede afectar al medio ambiente.

En el contexto de esta tesis, la Matriz de Leopold ha sido una herramienta clave para evaluar los posibles impactos del soterramiento del cableado público. La matriz permitió comparar los impactos de las actividades de instalación y mantenimiento del sistema soterrado frente al cableado aéreo, ayudando a identificar las ventajas y desventajas de cada opción desde una perspectiva ambiental. Esta metodología fue fundamental para proporcionar una evaluación cuantitativa y cualitativa de los efectos del proyecto, lo que facilitó la toma de decisiones y la formulación de recomendaciones basadas en datos claros y concisos.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y Análisis de Resultados

4.1.1 Resultados de la Observación Estructurada

En la observación realizada cabe mencionar que los puntos de acumulación se refirieron a aquellos postes donde existían transformadores o algún instrumento que generase una confluencia de cables hacia sí.

La congestión se refirió a la gran cantidad de cables que se cruzan entre varias direcciones, sean estas paralelas o perpendiculares. Por otro lado, no se detectaron signos de deterioro, así como daños visibles por inspección sencilla en cables o postes que pudieran comprometer a futuro la integridad de transeúntes o estructuras aledañas.

Con respecto a los distanciamientos de seguridad adecuados, se detectaron un gran número de estructuras tipo edificio que constaban de varios pisos y, dada su altura, se encontraban riesgosamente cerca de los cables incluso con acceso de balcones. Sin embargo, no se detectaron cables caídos que pudieran entrar en contacto con peatones.

Tabla 15: Resultados de la observación.

Criterio	Descripción	Sí	No	N/A	Registro fotográfico
Líneas de electricidad	Puntos de acumulación	✓			Anexos: 3,6,7,10
	Congestión	✓			Anexos:1,2,7,8,10,11,12,13,14,15
Condiciones físicas	Deterioro		✓		-----
	Daños visibles		✓		-----
Distanciamientos de seguridad	Distanciamiento con estructuras		✓		Anexos: 2,4,7,9,12,13,14
	Distanciamiento del tránsito peatonal	✓			-----

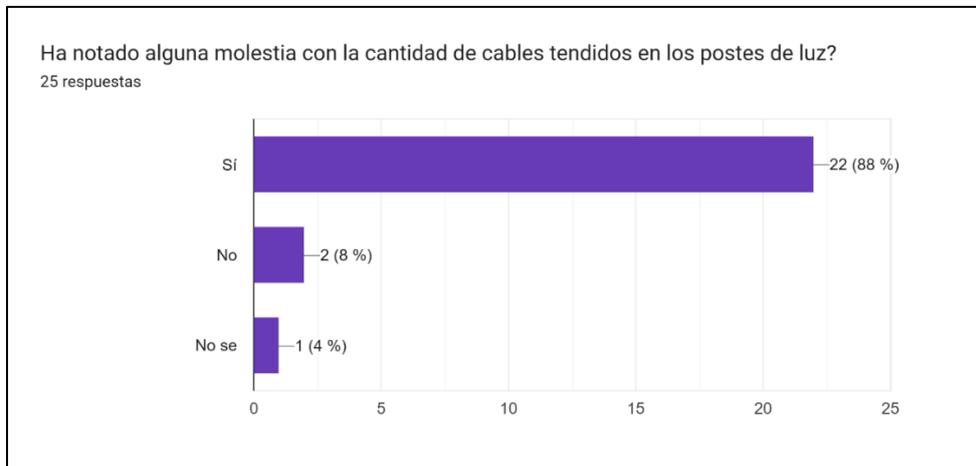
Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

4.1.2 Resultados de la Encuesta

La encuesta fue un complemento de la observación y se realizó con un número de población de 26 personas que constituyeron la masa de personas que eran usuarios de los servicios de electricidad de la cuadra estudiada. Por ello, el tamaño

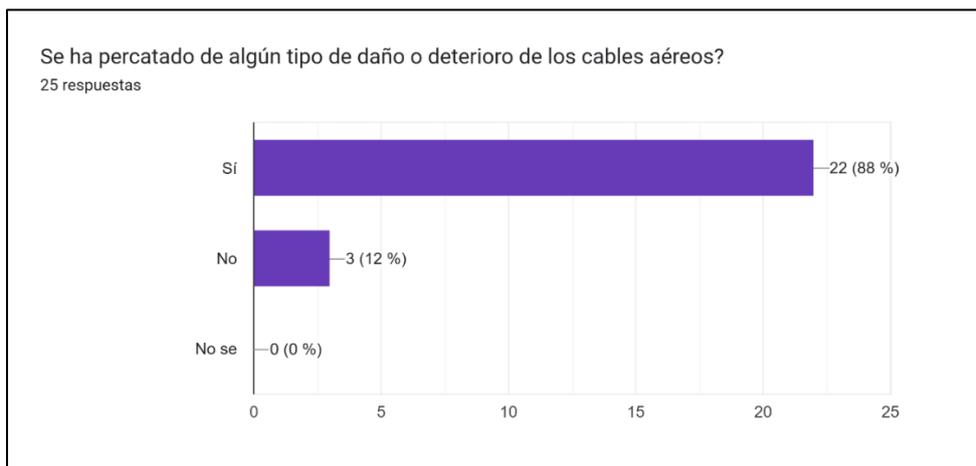
de la muestra se acercó bastante al número de la población, dando mejores resultados. En la encuesta realizada se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 18: Resultados pregunta 1.



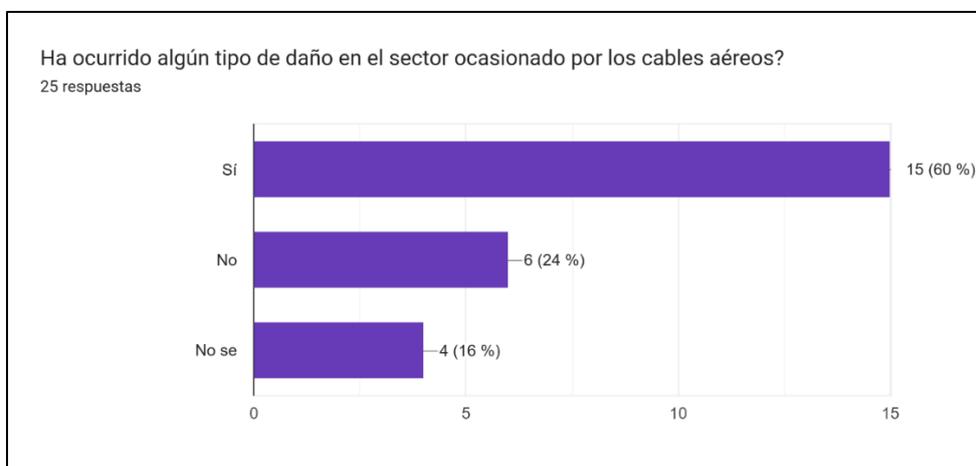
Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Figura 19: Resultados pregunta 2.



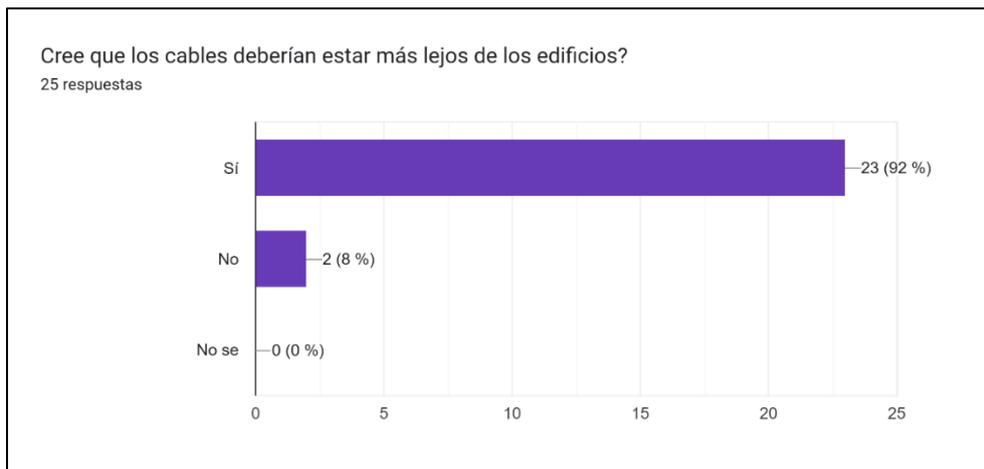
Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Figura 20: Resultados pregunta 3.



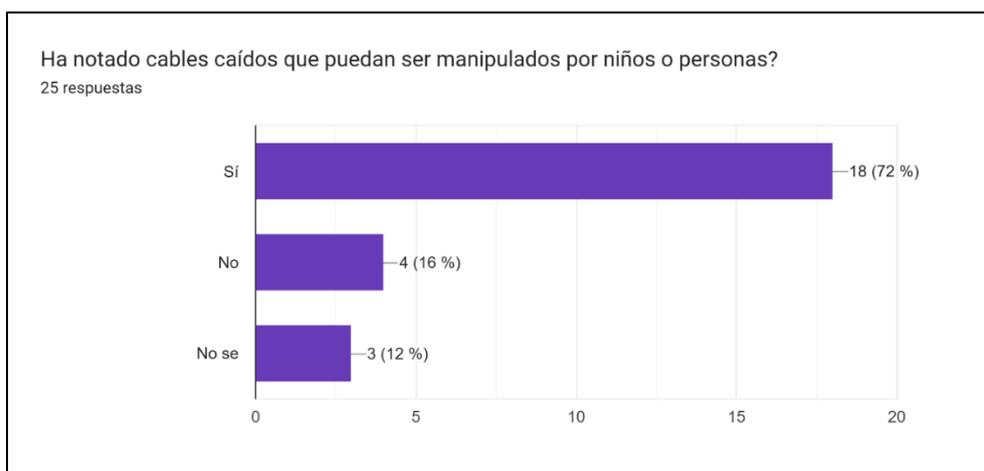
Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Figura 21: Resultados pregunta 4.



Elaborado por: Bajaan y Navarro (2025)

Figura 22: Resultados pregunta 5.



Elaborado por: Bajaan y Navarro (2025)

4.1.3 Resultados del Sondeo para Presupuesto

4.1.3.1 Presupuesto de Red Soterrada.

De forma genérica, el costo de una línea de transmisión soterrada es significativamente mayor que el de una línea aérea debido a la excavación, ductos, protecciones y sistemas de enfriamiento requeridos. Por ello, fue importante considerar los elementos más esenciales en el presupuesto en una serie de categorías:

- Cables de alta tensión: XLPE o fluidos dieléctricos, según la tensión de operación.
- Ductos y canalizaciones: Tuberías de PVC, HDPE o concreto.

- Empalmes y terminaciones: Para la conexión en subestaciones y puntos de empalme intermedio.
- Cámaras de inspección: Cada cierta distancia para mantenimiento y pruebas.

Como previamente se indicó, el presupuesto fue el resultado de un sondeo simple de mercado de los valores correspondientes a materiales y mano de obra necesaria para soterrar, al menos, una extensión de área mínima de una cuadra, es decir, considerar el soterramiento de poste a poste.

Tabla 16: Presupuesto de Soterramiento.

Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
Tendido cable XPE, circuito trifásico con neutro, red de medio voltaje	m	\$5.75	1590	\$9,142.50
Tendido cable TTU, 3x 4/0 AWG, red de bajo voltaje, incluye neutro	m	\$3.89	5429	\$21,118.81
Tendido cable TTU, 2x6 o 3x6 AWG, red de alumbrado público	m	\$1.92	5670	\$10,886.40
Acometida, tubería, cableado, conexión, montaje e instalación para luminaria tipo mural o en poste ornamental	c/u	\$41.34	122	\$5,043.48
Instalación puesta a tierra (incluye excavación)	c/u	\$21.78	143	\$3,114.54
Transporte postes de hormigón 12/10/9 mts, o poste ornamental	c/u	\$24.53	114	\$2,796.42
Instalación de equipos de protección sistemas trifásicos, seccionadores, pararrayos	c/u	\$21.98	5	\$109.90
Levantamiento e ingreso de pozo SIG ARCGIS (incluye cámaras, redes y numeración de pozo)	c/u	\$5.21	212	\$1,104.52
Levantamiento e ingreso de medidor SIG ARC GIS (incluye acometida, y numeración de medidor)	c/u	\$2.90	575	\$1,667.50
Levantamiento e ingreso de poste SIC ARCGIS (incluye redes y numeración de postes)	c/u	\$5.21	119	\$619.99
Levantamiento e ingreso de luminaria SIG ARCGIS (incluye acometida y numeración de luminaria)	c/u	\$2.67	122	\$325.74
Transporte y reingreso de postes hormigón 12,11,10,9 y 6.5 mts	c/u	\$23.84	115	\$2,741.60
Retiro de centros de transformación monofásicos hasta 37.5 kVa con equipo de protección en baja	c/u	\$48.96	5	\$244.80

Retiro conductor # 8,6,4,2, 1/0, y 2/0 AWG	c/u	\$68.60	7.99	\$548.11
Desconexión de acometidas en redes aéreas	c/u	\$5.50	255	\$1,402.50
Retiro de instalación de luminaria	c/u	\$9.62	107	\$1,029.34
Cableado, conexión, 1F, 2F O 3F, mural o subterránea	c/u	\$40.33	189	\$7,622.37
Instalación y montaje de medidor totalizador, incluye caja exterior de protección	c/u	\$48.96	5	\$244.80
Reconexión, instalación y montaje de retomo por medidor	c/u	\$9.62	575	\$5,531.50
Instalación de caja de seguridad para medidor, caja de distribución o caja vertical/horizontal	c/u	\$8.23	764	\$6,287.72
Montaje y conexión de medidor bifásico	c/u	\$10.99	430	\$4,725.70
Resanado de aceras por retiro de postes	c/u	\$5.56	115	\$639.40
Rotura de acera, instalación, de manguera y/o codo, reposición hormigón y desalojo	c/u	\$25.00	303	\$7,575.00
Subtotal				\$94,522.64
I.V.A. (15%)				\$14,178.40
Total				\$108,701.04

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

4.1.3.2 Presupuesto de Red Aérea.

El presupuesto para un sistema de cableado aéreo dependió de varios factores, como el tipo de cable (media o baja tensión, fibra óptica, etc.), la longitud de la instalación, la cantidad de postes necesarios, la mano de obra y otros materiales complementarios. Los elementos a considerar más esenciales en el presupuesto fueron:

- Cables conductores: Aluminio o cobre, según especificaciones técnicas.
- Postes: De concreto o madera, según la altura y resistencia requeridas.
- Aisladores y herrajes: Para soportar los cables en los postes.
- Transformadores y accesorios: Si es necesario para la red eléctrica.
- Accesorios de fijación y conexión: Abrazaderas, conectores, ménsulas, entre otros.

Tabla 17: Presupuesto de cableado aéreo.

Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia 15 kV, ANSI 55-5	und	\$6.35	195.6	\$1,242.06
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4")	und	\$13.43	136.8	\$1,837.22

diámetro x 450 (18") long con accesorios de sujeción				
Conductor desnudo solido de Al, para ataduras, No. 4 AWG	m	\$0.76	506.4	\$384.86
Cinta de armar de aleación de Al, 1.27x7.52 mm2 (3/64"x5/16")	m	\$0.20	754.8	\$150.96
Perno espiga (pin) tope de poste doble de acero galvanizado, 19 mm (3/4") diámetro x 450 (18") long. Con accesorios de sujeción	und	\$14.45	22.8	\$329.46
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75x75x6x2400 mm (3x3x1/4x95")	und	\$48.50	14.4	\$698.40
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75x75x6x2000 mm (3x3x1/4x79")	und	\$39.20	1.8	\$70.56
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75x75x6x1200 mm (3x3x1/4x47")	und	\$24.97	6.6	\$164.80
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38x38x6x1800 mm (1 1/2x1 1/2x1/4x71")	und	\$14.70	28.8	\$423.36
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38x38x38x6x700 mm (1 1/2x1 1/1x1/4x27 9/16")	und	\$5,386.00	8.4	\$45,242.40
Perno maquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión 16x38 mm (5/8x1 1/2")	und	\$1.72	37.2	\$63.98
Perno U d acero galvanizado, 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión, de 16x152 mm (5/8" x6"), ancho dentro de la "U"	und	\$4.15	14.4	\$59.76
Abrazadera de acera galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38x4x160-190 mm(1 1/2x1 1/4x6 1/2 - 7 1/2")	und	\$6.44	279.6	\$1,800.62
Abrazadera de acera galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38x4x140 ((1 1/2x1 1/4x6 1/2 - 7 1/2")	und	\$5.21	1.8	\$9.38
Perno pin de acero galvanizado, rosca plástica de 50 mm, 19x305 mm (3/4" x12")	und	\$4.31	13.2	\$56.89
Perno rosca corrida de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16x306 mm (5/8x12")	und	\$4.16	8.4	\$34.94
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38x4x160 – 190 mm (1 1/2x11/64x6 1/2 - 7 1/2")	und	\$7.64	40.8	\$311.71

Perno ojo de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16x254 mm (5/8x10")	und	\$5.25	8.4	\$44.10
Aislador de suspensión caucho siliconado, 15 kV, ANSI DS- 15	und	\$11.45	124.2	\$1,422.09
Grapa termina apernada tipo pistola de aleación de Al. 4 – 4/0 Conductor AC SR	und	\$11.98	118.8	\$1,423.22
Horquilla Anclaje de acero galvanizado, 16 mm (5/8") diámetro x75 mm (3") long (eslabón "U" para sujeción)	und	\$6.72	1244.2	\$834.62
Tuerca de ojo avalado de acero galvanizado, perno de 16 mm (5/8")	und	\$1.42	117.6	\$166.99
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38x4x140 – 160 mm (1 1/2x1 1/6 4x5 1/2 – 6 1/2")	und	\$5.49	6036	\$332.69
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (4 pernos), 38x4x140 – 160 mm (1 1/2x1 1/6 4x5 1/2 – 6 1/2")	und	\$5.97	38.4	\$229.25
Grapa angular apernada de aleación de Al 5.08 – 15.75 mm (6 – 4/0 AWG)	und	\$12.98	5.4	\$70.09
Aislado rollo, porcelana, 0.25 kV, ANSI 53-2	und	\$0.80	361.8	\$289.44
Bastidor de acero galvanizado, 1 vía, 38x4 mm (1 1/2x5/32")	und	\$2.78	360	\$1,000.80
Bastidor (rack) de acero galvanizado, 3 vías, 38x4 mm (1 1/2x11/64")	und	\$7.50	0.6	\$4.50
Retención preformada para conductor de Al. No. 1/0 AWG	und	\$3.01	101.4	\$305.21
Precinto plástico de 7 mm de ancho x 1.8 mm de esp. X 350 mm long.	und	\$0.18	2985	\$537.30
Protector puntúa de cable para red preensamblada de forma cilíndrica, long. Mínima 65 mm, (35-70 mm ²)	und	\$0.614	393.6	\$240.10
Transformador 5 kVA, 13800 GRdY/7960 o 13200 GRdY/7620 V – 120/240 V	und	\$1,067.05	12.6	\$13,444.83
Transformador 10 kVA, 13800 GRdY/7960 o 13200 GRdY/7620 V – 120/240 V	und	\$1,123.57	11.4	\$12,808.70
Transformador 15 kVA, 13800 GRdY/7960 o 13200 GRdY/7620 V – 120/240 V	und	\$1,321.27	2.4	\$3,171.05
			Subtotal	\$89,206.37
			I.V.A.(15%)	\$13,380.96
			Total	\$102, 597.33

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

4.1.4 Resultados del Análisis Documental

El análisis documental realizado permitió recopilar y examinar información relevante sobre las diferencias y similitudes entre las redes eléctricas soterradas y aéreas enfocándose en sus ventajas y desventajas. De esta forma, pretendió proporcionar una base sólida para la comparación y evaluación de distintos aspectos clave.

Además, el análisis permitió identificar vacíos de información al respecto de proyectos ya ejecutados y con algún tiempo de operación tal que se pueden medir sus alcances en la relación costo-rendimiento, lo que sugiere la necesidad de investigaciones complementarias para fortalecer el conocimiento en este ámbito. Finalmente, estos resultados ofrecieron una perspectiva objetiva y fundamentada que facilitará la toma de decisiones y el diseño de estrategias más eficientes.

Debe significarse que, si bien el soterramiento de las redes tiene importantes ventajas, si se desconocen las características espaciales de las mismas bajo la superficie, es muy posible que al ser intervenidas las vías se cometan errores que a la postre, produzcan interrupciones no deseadas en servicios vitales para la vida de las ciudades. (Herrera, 2020, p. 45)

Tiene la singularidad de encontrarse soterrado, para ello se ha utilizado un diseño por unidades blindadas y aisladas con SF₆, ya que las ventajas en cuanto a volumen y dinero son primordiales en este tipo de instalación, pero también teniendo en cuenta el bajo mantenimiento necesario y el mínimo impacto ambiental que este tipo de diseño permite. (Rodríguez, 2020, p. 38)

Lo antes expuesto resulta condicionante para el aprovechamiento eficiente de lo hecho hasta hoy, valiéndonos de las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías tales como los Gabinetes Inteligentes (Outdoor), que de conjunto al empleo de la infraestructura existente (canalizaciones soterradas, laterales y registros, áreas de gabinetes de red flexible, rutas aéreas, reservas de pares, etc.) y mediante un estudio a profundidad de la demanda y los servicios más solicitados nos aboca en la imperiosidad del presente trabajo, el cual además se traduciría en una mejor

estructuración y fiabilidad de la Planta Exterior, que haría más fácil su explotación, mantenimiento y futuro crecimiento o modernización con un mínimo de impacto ambiental y urbanístico. (Ciriano y González, 2020, p. 78)

Una de las principales diferencias respecto a una red aérea es que una red subterránea es muy costosa, sin embargo, como se ha mencionado anteriormente presenta una serie de ventajas que hacen que los beneficios sean mayores a pesar de tener un costo de inversión mayor. (Duchicela, 2015, p. 16)

Una configuración primaria de redes de distribución subterránea que cumple con los objetivos señalados es la de tipo Open Loop (OL - anillo abierto). Esta configuración tiene la ventaja de una doble alimentación primaria que permite restituir una parte importante de la malla en caso de averías, lo que, a diferencia de la red radial, reduce notoriamente el tiempo de interrupción que experimentan los usuarios. (Solís y Arcos, 2021, p. 29)

4.1.5 Resultados de la Modelación en 2D

En colaboración con la Alcaldía de Babahoyo, se logró desarrollar el modelado integral de infraestructura 2D, el cual corresponde a la planimetría generada por medición en campo y posterior postproceso en el motor gráfico AutoCAD. Este modelado fue diseñado para optimizar el desarrollo de la implantación del proyecto. Con esto se buscó generar un espacio controlable para que un probable diseño a posteriori pueda tener bases de implantación de cada elemento de cableado.

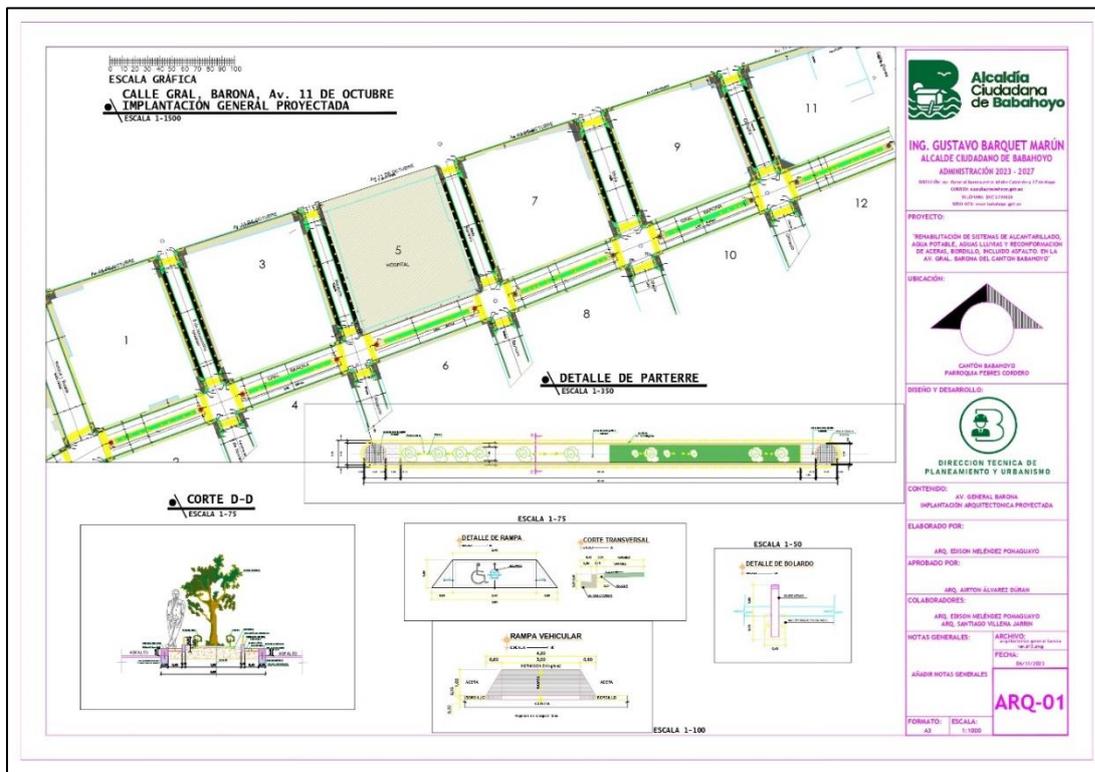
La planimetría se justificó por las necesidades encontradas para elaborar la matriz generadora del proyecto basándose en los siguientes argumentos:

- **Precisión en la planificación:** Un plano permite definir con exactitud la ubicación de ductos, cámaras de inspección, puntos de conexión y equipos eléctricos, evitando interferencias con otras infraestructuras subterráneas como tuberías de agua, alcantarillado y fibra óptica.
- **Gestión eficiente del espacio:** El soterramiento eléctrico requiere una distribución estratégica del cableado y sus componentes. Un plano ayuda

a optimizar el uso del subsuelo, evitando excavaciones innecesarias y asegurando que las instalaciones cumplan con normativas de seguridad y distancias mínimas entre servicios.

- Control de costos y recursos: Tener un espacio controlado en un plano permite una estimación precisa de materiales y mano de obra, lo que ayuda a reducir desperdicios y costos durante la ejecución del proyecto. Además, facilita la detección de posibles conflictos o dificultades técnicas antes de la construcción.
- Seguridad y normativas: El diseño en plano garantiza que el soterramiento cumpla con reglamentaciones técnicas y ambientales, reduciendo riesgos como sobrecalentamiento, cortocircuitos o daños estructurales debido a excavaciones mal planificadas.
- Mantenimiento y futuras expansiones: Un plano documenta la ubicación exacta de los elementos eléctricos soterrados, facilitando su inspección, mantenimiento y futuras ampliaciones sin necesidad de realizar excavaciones innecesarias o afectar otras infraestructuras.

Figura 23: Plano arquitectónico.



Elaborado por: Bajarña y Navarro (2025)

4.2 Propuesta

Como parte del aporte de la tesis al debate científico para futuros proyectos de investigación y/o ejecución de proyectos relacionados, se planificó esta sección como una presentación que resume los hallazgos encontrados desde una perspectiva comparativa sobre las ventajas y desventajas de la construcción tanto de sistemas de red soterradas como de cableado aéreo.

Esta propuesta se justificó en el hecho de que el análisis comparativo constituye una herramienta fundamental para evaluar similitudes y diferencias entre distintos sistemas constructivos dentro del contexto energético. En este apartado, se examinó la construcción de cableado soterrado y aéreo con el propósito de identificar sus principales características, ventajas, limitaciones e impacto en la economía de proyectos.

A través de una revisión detallada, se buscó proporcionar una comprensión más clara sobre la relación técnico-económica, permitiendo así fundamentar decisiones informadas y proponer mejoras en función de los hallazgos obtenidos. Para ello, se utilizaron criterios específicos como costos de construcción, operación y mantenimiento, vida útil y aspectos ambientales, asegurando un enfoque objetivo y estructurado.

Este análisis no solo contribuyó al conocimiento sobre proyectos de construcción de cableado, sino que también permitió establecer recomendaciones y reflexiones que podrían ser útiles para futuras investigaciones o aplicaciones en el campo.

4.2.1 Criterios de Comparación

- Costo de construcción
- Costo de operación
- Costo de mantenimiento
- Vida útil
- Impacto ambiental

4.2.2 Tabla Comparativa

Elaborar una tabla comparativa es una herramienta útil para analizar opciones, como en el caso de las redes eléctricas soterradas y aéreas. Su principal ventaja radica en la claridad y organización que ofrece al visualizar de manera estructurada las diferencias y similitudes entre alternativas.

Además, facilita la toma de decisiones al presentar información de forma concisa, lo que permite identificar rápidamente la opción más adecuada según criterios específicos. También ayuda a ahorrar tiempo al resumir datos complejos en un formato accesible y fomenta la objetividad al reducir sesgos en la evaluación. Su versatilidad permite adaptarla a distintos enfoques, incluyendo aspectos económicos, técnicos y ambientales.

En este contexto, una tabla comparativa es clave para analizar costos de instalación y mantenimiento, impacto visual, seguridad y vulnerabilidad ante desastres naturales, proporcionando así una visión integral para una mejor toma de decisiones.

Tabla 18: Tabla de comparación entre redes soterradas y aéreas.

Criterios	Red Eléctrica Soterrada		Red Eléctrica Aérea	
	Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Costo de construcción	Requiere materiales y accesorios más accequibles	Supera el costo de la red aérea por 5,96%	Ahorro de un 5,96% con respecto a la red soterrada	Requiere materiales más costosos
Costo de operación	El desempeño de la red es igual o mayor al de una red aérea	Requiere un sistema de refrigeración	Requiere sistemas de protección menos sofisticados	La red está sujeta a daños más frecuentes
Costo de mantenimiento	Aplicación de tecnologías y herramientas avanzadas	Menor accesibilidad a las instalaciones traducido en mayor tiempo de trabajo	Mayor accesibilidad traducida en menor tiempo de trabajo	Poca innovación en materia de tecnologías y herramientas
Vida útil	Altamente prolongada debido a la protección natural del suelo por encima de la red	Requiere trabajos de demolición si se necesita un cambio a red aérea	Aunque la periodicidad es menor, asegura una inspección constante de la red	Requiere un mayor costo a largo plazo para reemplazo de materiales y accesorios defectuosos
Impacto ambiental	A largo plazo resulta tener un impacto positivo con respecto a la contaminación visual	Se altera mucho el suelo durante su construcción	Bajo impacto ambiental de construcción	Implica contaminación visual prolongada

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

4.3 Matriz de Leopold

Los resultados obtenidos mediante la Matriz de Leopold proporcionan una comparación detallada entre los impactos ambientales del cableado soterrado y el cableado aéreo en la ciudad de Babahoyo. El soterramiento del cableado mostró impactos más positivos en áreas como la seguridad pública y la alteración del paisaje. Al eliminar los cables aéreos, se reducen los riesgos asociados a accidentes y a la interferencia con la fauna, lo que resulta en una evaluación favorable en cuanto a la seguridad y la estética urbana. La eliminación de los cables aéreos también contribuye a una mejora visual significativa, evitando la saturación de cables que afecta la imagen de la ciudad. Sin embargo, el proceso de soterramiento conlleva impactos negativos durante la excavación y el reposicionamiento del pavimento, lo que puede afectar el suelo y las aguas subterráneas, principalmente debido a la alteración del terreno y el uso de maquinaria pesada.

Por otro lado, el cableado aéreo presenta una serie de ventajas en términos de costos económicos y mantenimiento. La instalación y reparación del sistema aéreo son menos costosas y requieren menor intervención en el terreno. Sin embargo, los impactos negativos son más evidentes en factores como la interferencia visual, el riesgo para la seguridad pública y la fauna. Los cables aéreos aumentan el riesgo de accidentes, especialmente durante tormentas, y su presencia contribuye a un entorno visualmente cargado y menos agradable. A pesar de que el mantenimiento de los cables aéreos es más sencillo, sus impactos negativos sobre el entorno urbano y natural son más persistentes en comparación con el soterramiento. En general, el análisis comparativo muestra que, aunque el soterramiento implica costos y desafíos adicionales durante la instalación, sus beneficios a largo plazo en términos de seguridad y sostenibilidad ambiental superan las ventajas del sistema aéreo.

Figura 24. Imagen de Excel con los resultados de la tabla de Leopold acerca del soterramiento de un cableado

		Factores											Afectaciones		Impacto del agregado	
		Alteración del paisaje	Calidad del aire	Ruido	Suelo	Agua	Fauna	Vegetación	Seguridad púb	Costo económ	Mantenimient	+	-	Total		
Acción	Excavación de zanjas	-3	-2	-3	-4	-3	-2	-3	3	-5	-3	4	1	9	10	-99
	Instalación de cableado	-2	-1	-2	-3	-1	-1	-1	3	-4	-2	3	1	9	10	-46
	Reposición de suelo y pavimento	3	-1	-1	-2	-1	-1	-1	4	-4	-2	3	2	8	10	-14
	Reducción de aéreos	5	3	2	2	2	2	3	5	-4	5	5	9	1	10	100
	Mantenimiento sistema soterrado	4	2	1	2	1	1	2	5	-5	5	5	9	1	10	65
+		3	2	2	2	2	2	2	5	0	2	22	28	50	6	
Afecta		2	3	3	3	3	3	3	0	5	3	28				
Total		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50				
Impacto del agregado		35	5	-9	-26	-8	-2	5	90	-110	26	6				

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Figura 25. Imagen de Excel con los resultados de la tabla de Leopold acerca del cableado aéreo

		Factores											Afectaciones		Impacto del agregado	
		Alteración del paisaje	Calidad del aire	Ruido	Suelo	Agua	Fauna	Vegetación	Seguridad púb	Costo económ	Mantenimient	+	-	Total		
Acción	Presencia de aéreos	-4	-1	3	-2	-1	-2	-2	-4	2	2	3	7	10	-34	
	Instalación y reparación	-3	-2	2	-3	-2	-2	-3	-3	3	3	3	7	10	-33	
	Impacto visual estético	-5	-1	3	-2	-1	-2	-3	-5	-5	2	2	8	10	-85	
	Interferencia fauna	-4	-1	2	-3	-1	-3	-4	-3	-3	2	2	8	10	-75	
	Riesgos para la seguridad pública	-5	-1	4	-3	-2	-3	-4	-5	-5	2	2	8	10	-89	
	Costo y Mantenimiento	1	-2	1	2	1	1	1	4	4	-4	5	8	2	10	32
	+	1	0	6	1	1	1	1	1	3	5	20	40	60	-284	
Afecta		5	6	0	5	5	5	5	5	3	1	40				
Total		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	60				
Impacto del agregado		-98	-20	58	-42	-16	-40	-68	-74	-6	22	-284				

Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

CONCLUSIONES

Inferencia 1

Resultados de las Técnicas Observación y Encuesta

En la observación, el análisis realizado sobre sus resultados reveló que, aunque no se encontraron daños visibles en los cables o postes que pudieran poner en riesgo la seguridad de transeúntes o estructuras aledañas, sí se identificaron puntos de acumulación de cables cerca de transformadores e instrumentos, lo cual genera una confluencia de cables. Además, se observó una congestión significativa debido a la intersección de cables en varias direcciones, lo que podría afectar la organización y seguridad de la infraestructura eléctrica. Un hallazgo relevante fue la proximidad de cables a edificaciones de varios pisos, lo que representa un riesgo potencial debido a la cercanía de los balcones con los cables. No obstante, no se detectaron cables caídos, lo que minimizó el riesgo inmediato para los peatones.

Los resultados de la encuesta complementaron la observación al estudiar una muestra representativa de 25 personas que permitió corroborar la presencia de riesgos y la percepción de los usuarios respecto al servicio eléctrico en la zona estudiada. En general, la inspección sugiere que, aunque no hay problemas inmediatos de seguridad, existen áreas de mejora relacionadas con la organización de los cables y la proximidad a edificaciones altas que requieren atención para evitar riesgos a futuro.

Inferencia 2

Resultados del Sondeo de Mercado para el Presupuesto

El análisis de los costos asociados a la instalación de líneas de transmisión, tanto soterradas como aéreas, muestra una diferencia significativa en los precios, con las líneas soterradas siendo considerablemente más caras debido a los materiales adicionales y los requerimientos de infraestructura, como excavaciones, ductos y sistemas de protección y enfriamiento. En ambos casos, se deben considerar los elementos esenciales para cada tipo de instalación, como los cables, ductos, empalmes, transformadores, y accesorios, cada uno con características y materiales específicos según las necesidades de la red eléctrica y las condiciones del terreno.

La diferencia de costos entre ambos sistemas requiere una evaluación detallada que considere factores como el tipo de cable, la longitud de la instalación y la resistencia de los materiales, lo cual influye en la viabilidad y eficiencia del proyecto. En resumen, mientras que las líneas soterradas ofrecen ventajas en términos de seguridad y estética, su alto costo implica que se deben analizar cuidadosamente los beneficios frente a los costos, mientras que las líneas aéreas, aunque más económicas, tienen limitaciones en cuanto a su impacto visual y susceptibilidad a factores ambientales.

Inferencia 3

Resultados del Análisis de Documental

El análisis documental sobre las redes eléctricas soterradas y aéreas ha permitido una evaluación exhaustiva de sus características, ventajas y desventajas, así como la identificación de áreas de conocimiento que requieren mayor investigación, especialmente en lo que respecta a proyectos en operación y su relación costo-rendimiento. Aunque el soterramiento ofrece ventajas significativas, como la reducción de interrupciones y el menor impacto ambiental, también presenta desafíos relacionados con los altos costos iniciales y los posibles riesgos de interferencias durante la intervención de infraestructuras subterráneas.

Además, el diseño de redes subterráneas puede aprovechar nuevas tecnologías como los Gabinetes Inteligentes, lo que puede mejorar la fiabilidad y optimizar el mantenimiento y expansión de las redes. En resumen, aunque las redes soterradas tienen un costo de inversión más alto, sus beneficios en términos de fiabilidad, impacto ambiental y resistencia a factores climáticos extremos las hacen una opción viable y recomendable a largo plazo, especialmente cuando se implementan con tecnologías innovadoras y se consideran adecuadamente los desafíos de planificación y mantenimiento.

Inferencia 4

Resultados del Modelado 2D

El desarrollo del modelado integral de infraestructura 2D en colaboración con la Alcaldía de Babahoyo ha sido una herramienta clave para optimizar la implantación del proyecto de soterramiento eléctrico. La creación de la planimetría, que se basa en

mediciones de campo y posprocesamiento en AutoCAD, ha permitido planificar con precisión la ubicación de ductos, cámaras de inspección, puntos de conexión y equipos eléctricos, asegurando un diseño eficiente y libre de interferencias con otras infraestructuras subterráneas.

Este enfoque no solo facilitó una gestión eficiente del espacio y un control de costos, sino que también garantiza el cumplimiento de normativas de seguridad y reduce riesgos técnicos y estructurales. Además, el uso de un plano documentado asegura la posibilidad de realizar mantenimientos y expansiones futuras sin complicaciones, contribuyendo al éxito y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Inferencia 5

Perspectiva General Alineada a la Construcción

Se concluyó que el cableado soterrado requiere diversas técnicas de construcción, adaptadas a las características del proyecto y del terreno. La excavación a cielo abierto es el método más tradicional, ya que permite instalar los ductos mediante zanjas, aunque implica un mayor impacto ambiental y posibles interrupciones en la vía. Para minimizar estos inconvenientes, se utilizan métodos menos invasivos como la perforación horizontal dirigida (HDD), que permite colocar los ductos sin abrir zanjas, reduciendo el impacto en la infraestructura urbana, aunque con un costo mayor.

En proyectos de gran envergadura, el microtunelado resulta una opción avanzada que permite excavar bajo la superficie sin alterarla, ideal para atravesar ríos o zonas urbanas densas, aunque requiere equipos especializados y una inversión considerable. Para facilitar el mantenimiento del cableado, se instalan cámaras de inspección a lo largo del trayecto, mientras que el uso de materiales de relleno como arena o losas de concreto ayuda a proteger la instalación y prevenir excavaciones accidentales. La selección del método más adecuado dependerá de factores como el presupuesto disponible, las condiciones del suelo y la necesidad de minimizar impactos en el entorno.

RECOMENDACIONES

Sugerencia 1

Se recomienda realizar una reubicación o reorganización de los cables, especialmente en áreas cercanas a transformadores e instrumentos, para evitar puntos de acumulación y mejorar la circulación de la infraestructura eléctrica. Además, se debe evaluar la posibilidad de aumentar la distancia de seguridad entre los cables y las edificaciones altas, particularmente aquellas con balcones que podrían estar en contacto con las redes eléctricas. Estas acciones preventivas no solo mejorarán la seguridad inmediata, sino que también reducirán los riesgos a largo plazo relacionados con la infraestructura eléctrica en la zona.

Sugerencia 2

Se recomienda realizar un análisis de costo-beneficio detallado al evaluar la instalación de líneas de transmisión, tanto soterradas como aéreas, para tomar decisiones informadas basadas en las necesidades específicas del proyecto. Si bien las líneas soterradas ofrecen ventajas significativas en términos de seguridad, estética y resistencia a factores ambientales, su alto costo justifica un estudio exhaustivo de la viabilidad financiera. Es importante considerar aspectos como la longitud de la instalación, las condiciones del terreno, y las características del cableado, entre otros, para determinar si los beneficios a largo plazo superan los costos iniciales. En aquellos casos donde el presupuesto sea más ajustado, las líneas aéreas podrían ser una opción viable, pero con un enfoque estratégico en la minimización de su impacto visual y la mejora de la infraestructura para mitigar posibles afectaciones causadas por factores climáticos o ambientales.

Sugerencia 3

Es recomendable continuar con la investigación y el análisis comparativo entre redes eléctricas soterradas y aéreas, especialmente enfocándose en proyectos en operación para evaluar de manera más precisa la relación costo-rendimiento a largo plazo. Si bien las redes soterradas presentan un costo inicial elevado, sus beneficios en cuanto a fiabilidad, menor impacto ambiental y resistencia a factores climáticos adversos son elementos clave a considerar para decisiones estratégicas. La incorporación de tecnologías innovadoras, como los Gabinetes Inteligentes, puede

potenciar aún más estas ventajas, optimizando el mantenimiento y la expansión de la infraestructura. Es fundamental, sin embargo, planificar adecuadamente para evitar interferencias con otras infraestructuras subterráneas y garantizar que los costos de implementación sean sostenibles. Por lo tanto, se recomienda que, en proyectos de envergadura y a largo plazo, se prioricen las redes soterradas con un enfoque integral en la tecnología, el diseño y la planificación eficiente para maximizar los beneficios.

Sugerencia 4

Es altamente recomendable continuar utilizando el modelado integral de infraestructura 2D como herramienta clave en proyectos de soterramiento eléctrico. Este enfoque no solo optimiza la implantación inicial del proyecto, sino que también facilita la planificación precisa de todos los elementos involucrados, desde ductos hasta equipos eléctricos, minimizando interferencias con otras infraestructuras y garantizando el cumplimiento de normativas de seguridad. Además, se sugiere documentar adecuadamente cada fase del proyecto para asegurar un control continuo de costos y recursos, y prever un diseño flexible que permita realizar futuras expansiones y mantenimientos de manera eficiente. Esta metodología no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Sugerencia 5

Se recomienda complementar esta investigación con otra que pueda explicar información sobre los criterios específicos para seleccionar cada técnica constructiva en distintos escenarios, como normativas vigentes, profundidad recomendada para cada método y ejemplos de aplicaciones exitosas. También sería útil incluir una comparación más detallada de costos y tiempos de ejecución para facilitar la toma de decisiones en proyectos de cableado soterrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Freire, V. H. (2020). *Plan de gestión de proyectos de construcción de infraestructura soterrada, con perforación horizontal dirigida en Ecuador, enmarcado en la guía PMBOK® sexta edición del PMI®*. Trabajos de Titulación - UDLA: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12350>
- Alarcón Barco, J. S., y Freire Rosales, J. A. (2023). *Diseño y análisis de la factibilidad técnica y económica del soterramiento de la red eléctrica en la urbanización La Joya*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24664>
- Alárcon, J. S., y Freire, J. A. (2023). *Diseño y análisis de la factibilidad técnica y económica del soterramiento de la red eléctrica en la urbanización La Joya*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Amaya Vásquez, L., y Campaña Molina, M. A. (2022). *Diseño Óptimo de Redes Eléctricas de Distribución Mediante Modelos de Optimización*. *Ingeniería y Competitividad*, 25. SciELO.
- Anchatuña, K. D. (2022). *Diseño de la Red Eléctrica Subterránea en Medio y Bajo Voltaje del Barrio Eloy Alfaro*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22557>
- ARCOTEL. (2017). *Norma Técnica Para Despliegue Y Tendido De Redes Físicas Soterradas*.
- Arias, F. (2023). El paradigma pragmático como fundamento epistemológico de la investigación mixta. Revisión sistematizada. *Educación, Arte y Comunicación*.
- Avilés Arévalo, J. P., y Rodríguez Jijón, R. I. (2021). *Optimización multiobjetivo para el diseño óptimo de redes soterradas mediante un algoritmo metaheurístico híbrido*. Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590571>
- Bustamante, J. D. (2023). *Optimización del sistema de tendido de cable de fibra óptica de la empresa Ever*. Cartagena, Colombia: Universidad Antonio Nariño.
- Caiza Inte, A. J., y Pilco Díaz, B. L. (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. Universidad Técnica de Cotopaxi:
<https://repositorio.utc.edu.ec/items/08a6f51c-610b-464b-95f5-14ed1b757ce8>
- Ccompe Quispe, N. M., y Cieza Carbonel, J. R. (2023). *Análisis técnico - económico de la red aérea existente para la propuesta de instalación de la red subterránea de distribución en el AA. HH aplicación Oasis de Villa Grupo 2 - VES*. DSpace JSPUI:
<https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/1195>
- Ciriano Suárez, S., y González Sánchez, L. R. (2020). *Reestructuración eficiente de la planta exterior para incrementar servicios a costos optimizados con inversiones mínimas*. Dialnet:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7872340>
- CONCABLES. (2020). *Tipos de Cables de Telecomunicaciones*. Conductores y Cables Eléctricos Especiales - CONCABLES: <https://concables.cl/tipos-de-cables-de-telecomunicaciones/>
- Condori Ojeda, P. (2020). *Universo, población y muestra*. Academia:
<https://www.aacademica.org/cporfirio/18.pdf>
- Corona Martínez, L., y Fonseca Hernández, M. (2023). *Las hipótesis en el proyecto de investigación: ¿cuándo si, cuándo no?* SciELO:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2023000100269&script=sci_arttext&tIng=pt
- Cruz Salas, L. R., y Díaz Franco, G. A. (2024). *Estudio de la viabilidad técnica para una red eléctrica soterrada en la Urbanización Villa Club Etapa Boreal*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27450>
- Demera Carvajal, M. D., Ponce Toala, M. A., y Terán García, M. (2023). Análisis comparativo entre la metodología convencional y sin zanja abierta en la construcción del sistema de alcantarillado sanitario en el mejoramiento urbano de la ciudad de Jipijapa. *Polo de Conocimiento*, 8.
- Duchicela Garzón, L. D. (2015). *Diseño y análisis técnico económico de la red de distribución eléctrica subterránea de la Av. Manuel Córdova Galarza para la Empresa Eléctrica Quito*. Repositorio Digital EPM:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10483>
- Espinal Mosquera, J. M. (2021). *Desarrollo de las instalaciones eléctricas de la urbanización Sol del Valles*. Biblioteca Digital UDEA:

- https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/24344/1/EspinalJuan_2021_DesarrolloInstalacionesElectricas.pdf
- Girón, I. A. (Julio de 2019). *Diseño De Una Red Soterrada De Medio Voltaje, Bajo Voltaje Y Alumbrado Público Del Centro De La Ciudad De Ibarra Para La Empresa Eléctrica Regional Norte*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Guevara, L. A. (Octubre de 2018). *Estudio Técnico Del Impacto De La Implementación De La Norma Técnica Para Despliegue De Redes Físicas Aéreas De Las Operadoras De Telecomunicaciones Privadas en Ecuador*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Herrera Fonseca, T. (2020). *Elaboración de un sistema de información geográfica para la red soterrada del gas manufacturado en el municipio Plaza de la Revolución*. Universidad de la Habana:
https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2192039/Trabajo_de_diploma_de_Talia_Herrera_Fonseca_11-9.pdf
- Herrizaingo, S. (2018). *Tendido De Cable De Fibra Óptica Para La Red De Telecomunicaciones Del Departamento De Interior*. Vitoria, España: Departamento de interior del Gobierno Vasco.
- Huanaco Ccallo, J. K. (2024). *Implementación de procedimientos para el ordenamiento de cables aéreos de telecomunicaciones en la infraestructura eléctrica debido a accidente mortal en Socabaya - Arequipa*. UNSA - Vicerrectorado de Investigación:
<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/6feb3ae4-89e5-48c4-b3d1-84fbc5f573bd>
- Jácome Mejía, J. S. (2023). *Análisis electromecánico de conductores utilizados en sistemas eléctricos de distribución*. Universidad Técnica de Cotopaxi:
<https://repositorio.utc.edu.ec/items/ce8ff365-f104-4594-83f0-299fb3f597bb>
- Juste, I. (19 de Septiembre de 2022). *Contaminación visual: causas, consecuencias y soluciones*. Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-visual-causas-consecuencias-y-soluciones-32.html>
- Ledesma Troya, W. J., y Zambrano Zambrano, J. G. (2022). *Manual para la Construcción y Entrega de Infraestructuras Soterradas en Urbanizaciones Residenciales*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23680>

- Lema Cuayal, G. A. (2022). *Determinación de los parámetros de ampacidad de los conductores de redes subterráneas de distribución de medio voltaje en subestaciones de la empresa Eléctrica Quito*. Repositorio Digital EPN: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22193>
- Marco Lara, J. (2020). *Diseño y plan de mantenimiento de una línea eléctrica de alta tensión con un tramo aéreo y otro subterráneo*. Repositorio Institucional de Documentos ZAGUAN: <https://zaguan.unizar.es/record/107314/files/TAZ-PFC-2021-005.pdf?version=1>
- Muguira, A. (s.f.). *Muestreo aleatorio simple: ¿Qué es y cómo realizarlo?* QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-aleatorio-simple/>
- Otorongo Cevallos, C. M. (2024). *Diseño técnico económico para una red soterrada de medio y bajo voltaje del alimentador Ingahurco ubicado en el cantón Ambato-Tungurahua, basado en la regulación ARCERNNR 02-2020*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27552>
- Otorongo, C. M. (2024). *Diseño Técnico Económico Para Una Red Soterrada De Medio Y Bajo Voltaje Del Alimentador Ingahurco Ubicado En El Cantón Ambatotungurahua, Basado En La Regulación Arcernnr 02-2020*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Paguay Cuasapaz, E. A. (2021). *Propuesta Técnica Para El Soterramiento De La Red De Medio Y Bajo Voltaje Sector Comercial De La Ciudad De Ibarra*. Repositorio Digital - Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11652>
- Rodrigo. (8 de Junio de 2021). *Cable par trenzado UTP, FTP y SFTP*. FS: <https://community.fs.com/es/article/utp-or-stp-cables-for-10gbase-t-network.html>
- Rodríguez García, A. (2020). *Diseño y simulación de una subestación transformadora GIS enterrada 200/20kV 50MVA*. Universitat Politècnica de València: <https://riunet.upv.es/handle/10251/141855>
- Simbaña, M. O. (2023). *Propuesta Técnica Para El Soterramiento De La Red De Distribución Eléctrica Del Barrio Rumipamba, Parroquia La Esperanza, Ibarra*. Repositorio Digital - Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/jspui/handle/123456789/14306>

- Sinchico Quilumba, M. M. (2022). *Propuesta técnica para el soterramiento de la red de distribución del campus UTN*. CORE: <https://core.ac.uk/reader/543593650>
- Sinchico, M. M. (2022). *Propuesta Técnica Para El Soterramiento De La Red De Distribución Del Campus Utn*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica Del Norte.
- Solís, C., y Arcos, H. (2021). *Planificación Óptima de Alimentadores Primarios en Redes de Distribución Subterráneas empleando Algoritmos Heurísticos*. *SciELO*, 17.
- Talavera Ruiz, C. (2023). *Remodelación y soterrado del subsistema eléctrico primario en redes de distribución subterránea en media y baja tensión para la Vía Metropolitana, desde el pasaje Torrico hasta la Variante de Uchumayo, Sachaca Arequipa - 2022*. Universidad Católica de Santa María - Repositorio Institucional: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/51fcd558-68b5-42ae-9b67-c3c25ac209ea>
- Valdivieso Serrano, L. (2020). *Notas de Técnicas de Muestreo*.
- Venegas, B. P. (2014). *Estudio Técnico - Económico Sobre El Impacto De Las Redes De Telecomunicaciones Y Propuesta De Normativa Para El Despliegue De Redes Aéreas En El Distrito Metropolitano De Quito*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- Vicente, F. J. (2017). *Diseño De La Red Subterránea De Media Y Baja Tensión, Centros De Transformación Y Alumbrado Público Del Sector Sur De La Av. Pio Jaramillo Alvarado De La Ciudad De Loja*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Villa Lozano, A. N., Camacho Caneda, E. P., y Lizcano Panesso, E. Y. (2021). *Guía Técnica para la mitigación y control de la Seguridad en el Trabajo por deslizamientos en excavación de zanjas de la Empresa Rodrigo Lenis S.* Universidad ECCI - Repositorio Institucional: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2059>
- Yépez, B. N. (2019). *Metodología Para La Implementación De Un Sistema Soterrado En Medio Voltaje Con Cámaras De Seccionamiento Tipo Iceberg*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Zapata Ayala, C. A. (2022). *Diseño de red soterrada en bajo voltaje que permita la incorporación de una micro-red para el Proyecto Social Ecoturístico Cerro la*

Luz. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22547>

ANEXOS

Anexo 1

Fotografía 1 - Cableado aéreo en la Intersección de la calle General Barona y 9 de Noviembre



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 2

Fotografía 2 - Cableado aéreo en la calle General Barona entre Jaime Roldós y 9 de Noviembre



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 3

Fotografía 3 - Cableado aéreo en las calles General Barona y Jaime Roldós



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 4

Fotografía 4 - Cableado aéreo en la calle Roldós entre General Barona y Malecón 9 de Octubre



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 5

Fotografía 5 - Cableado aéreo en la calle Malecón 9 de octubre entre Jaime Roldós y 9 de Noviembre



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 6

Fotografía 6 - Cableado aéreo en la calle Ricaurte entre Malecón 9 de octubre y General Barona



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 7

Fotografía 7 - Cableado aéreo en la calle 9 de Noviembre entre Malecón 9 de Octubre y General Barona



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 8

Fotografía 8 - Cableado aéreo en la calle Barreiro entre Malecón 9 de Octubre y General Barona



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 9

Fotografía 9 - Cableado aéreo cerca de edificaciones y locales médicos en la calle Barreiro entre Malecón 9 de Octubre y General Barona



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 10

Fotografía 10 – Desorden y acumulación de cableado aéreo en una de las calles estudiadas en el mismo sector



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 11

Fotografía 11 - Cableado aéreo en un poste esquinero en las calles General Barona y Barreiro



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 12

Fotografía 12 – Contaminación visual generada por el cableado aéreo en las calles General Barona y Ricaurte



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 13

Fotografía 13 - Cableado aéreo en las calles 9 de Noviembre y General Barona



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 14

Fotografía 14 – Contaminación visual generada por el cableado aéreo en las calles General Barona y Ricaurte



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)

Anexo 15

Fotografía 15 – Acumulación desordenada de cableado aéreo en las calles Flores y General Barona



Elaborado por: Bajaña y Navarro (2025)