

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL  
LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN



---

TESIS DE GRADO

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN  
ZONAS CRÍTICAS EN EL LITORAL  
ECUATORIANO

PRESENTADO POR  
Edgar Andrés Altamirano Carabajo

---

Tutor: PhD. Renán Xavier Zambrano Aragundy

Enero 2024

# Dedicatoria

*Esta tesis está dedicado a mi padres Janeth Carabajo y Edgar Altamirano quienes con su amor y esfuerzo me permitieron alcanzar uno de mis más grandes logros. De igual manera dedico de manera especial a mi hermano Homero Naula y mi cuñada Johana Falcones quienes fueron mi principal cimiento para la construcción de mi vida profesional y sentaron mis bases de responsabilidad y deseos de superación.*

# Agradecimientos

A mi familia, amigos y compañeros que he hecho a lo largo de la carrera. A mi mejor amigo Jaime con quien compartí muchas materias, largas horas de estudio y dedicación. A Kristhel por su apoyo inagotable. Agradezco de manera especial a mi tutor el PhD. Xavier Zambrano por sus recomendaciones y principal apoyo en el desarrollo de este trabajo y al PhD. Ángel Recalde por sus consejos y su seguimiento en los avances de esta tesis.

Muchas gracias a todos.

# Declaración expresa

Yo Edgar Altamirano acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL. Guayaquil, 14 de Febrero del 2023



---

Edgar Andrés Altamirano Carabajo

# Evaluadores

---

PhD. Ángel Recalde Lino  
Profesor de materia integradora

---

PhD. Xavier Zambrano Aragundy  
Profesor tutor

# Índice general

<b>1. Sistema de puesta a tierra</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción	1
1.2. Tipos de puesta a tierra	2
1.2.1. Puesta a tierra para sistemas eléctricos	2
1.2.2. Puesta a tierra de los equipos eléctricos	2
1.2.3. Puesta a tierra en señales electrónicas	3
1.2.4. Puesta a tierra de protección electrónica	3
1.2.5. Puesta a tierra de protección atmosférica	5
1.2.6. Puesta a tierra de protección electrostática	6
1.2.7. Puesta a tierra según IEC:	6
1.3. Elementos del sistema de puesta a tierra	10
1.3.1. Electrodo de puesta a tierra	10
1.3.2. Barra	11
1.3.3. Placa	11
1.4. Sistemas de puesta a tierra empleado en líneas de distribución en Ecuador	12
1.5. Normas del sistema de puesta a tierra	13
1.6. Métodos de medición de puesta a tierra	17
1.6.1. Método de los 3 puntos - MTP	17
1.6.2. Método de Wenner	18
1.6.3. Método sin picas (gancho)	18
1.7. El neutro en los sistemas de puesta a tierra	19
1.8. Ausencia de la puesta a tierra en sistema TN-C-S	22
1.9. Efecto de la salinidad en la puesta a tierra	23
1.9.1. Salinidad de los suelos	23
1.9.2. Factores que influyen en la salinidad	24
1.9.3. Causas de salinidad	24
1.9.4. Medición y clasificación de la salinidad en suelos	25
1.10. Hurto de la puesta a tierra	25
1.10.1. Empresa Eléctrica Quito -EEQ	26
1.10.2. Empresa Eléctrica Ambato - EEASA	26
1.10.3. Corporación Nacional de Electricidad - CNEL EP	26

<b>2. Puesta a tierra en proyecto especial: Salinidad y Hurto</b>	<b>28</b>
2.1. Afectación de la corrosión en la resistividad	28
2.2. Índices de hurto de elementos del sistema de puesta a tierra	31
2.2.1. Análisis de campo	31
2.2.2. Elementos usualmente robados	33
2.2.3. Costo en el mercado informal	33
2.3. Efectos en la red debido a problemas de referencia del neutro	34
2.3.1. Disturbios producto de la calidad de energía	34
2.3.2. Simulación del sistema de puesta a tierra sin referencia de neutro	38
2.3.3. Limitaciones de la simulación en proyectos especiales de puesta a tierra	40
<b>3. Formulación del sistema de puesta a tierra para zonas críticas</b>	<b>41</b>
3.1. Características del terreno en Santa Elena	41
3.1.1. Unidad de Negocio (Distribuidora-Comercializadora)	41
3.1.2. Clima	43
3.1.3. Suelo	44
3.2. Alternativas para combatir la corrosión y hurto	45
3.2.1. Soterramiento de conductor	45
3.2.2. Electrodo compacto de grafito	46
3.2.3. Conduground	46
3.3. Campaña de comunicación	47
<b>4. Evaluación técnica-económica</b>	<b>49</b>
4.1. Evaluación técnica	49
4.1.1. Especificaciones técnicas	49
4.1.2. Normas aplicadas	50
4.2. Pruebas de campo	51
4.2.1. Guayaquil	51
4.2.2. Santa Elena	53
4.3. Evaluación económica	56
4.3.1. Análisis de precio unitario	56
4.3.2. Indicadores de factibilidad económica	59
4.4. Propuesta de especificaciones técnicas actualizada	65
<b>5. Caso de Estudio</b>	<b>67</b>
5.1. Análisis previo a implementación de proyecto	67
5.2. Procedimiento para publicar un proceso en compras públicas	67
5.2.1. Identificación del problema	67
5.2.2. Levantamiento técnico	68
5.2.3. Estudio de mercado	70
5.2.4. Informe de necesidad	72
5.2.5. Términos de referencia (TDR)	73
5.3. Resultado de propuesta	75

<i>ÍNDICE GENERAL</i>	7
<b>6. Conclusiones y Trabajos futuros</b>	<b>76</b>
6.1. Conclusiones . . . . .	76
6.2. Recomendaciones . . . . .	77
6.3. Trabajos futuros . . . . .	77
6.4. Cronograma de actividades . . . . .	77
<b>Bibliografía</b>	<b>78</b>
A. Ap. A. Catálogos	82
B. Ap. B. Evidencias	88

# Índice de figuras

1.1. Puesta a tierra en lavadora. . . . .	3
1.2. Puesta a tierra en líneas de baja tensión. . . . .	4
1.3. Medida de protección contra rayo. . . . .	5
1.4. Tipos de sistemas existentes. . . . .	6
1.5. Sistema IT. . . . .	7
1.6. Sistema TN-CS. . . . .	8
1.7. Sistema TN-S. . . . .	8
1.8. Sistema TT. . . . .	9
1.9. Electrodo de puesta a tierra. . . . .	11
1.10. Barra de puesta a tierra. . . . .	11
1.11. "Placa de puesta a tierra. . . . .	12
1.12. Diagrama del circuito de medida con método 3P. A - amperímetro, V - voltímetro, G - generador de tensión, inversor (CA). . . . .	17
1.13. Diagrama del circuito de medida con método WENNER. A - am- perímetro, V - voltímetro, G - generador de tensión, inversor (CA). . . . .	18
1.14. Esquema de conexión para la técnica sin picas. . . . .	19
1.15. Neutro y masas conectados a tierra por separado. . . . .	20
1.16. Neutro protegido. . . . .	21
1.17. "TNS – TN-C-S (Estructura del neutro). . . . .	21
1.18. "Neutro para sistema IT. . . . .	22
1.19. Causas de salinización de los suelos. . . . .	24
1.20. Robo de conductor en poste de alumbrado público. . . . .	25
1.21. Notificación en la página oficial de la centrosur acerca del robo de material. . . . .	27
2.1. Variación de resistividad ante diversos factores. . . . .	30
2.2. Mapa de la provincia de Santa Elena con los puntos de muestreo. . . . .	31
2.3. Casos encontrados en el cantón Santa Elena . . . . .	32
2.4. Datos recopilados en base a muestreo del cantón Santa Elena. . . . .	32
2.5. Cable eléctrico de cobre trenzado # 2 AWG. . . . .	33
2.6. Varilla copperweld de puesta a tierra. . . . .	34
2.7. Bajo voltaje registrado en una sección de control. . . . .	35
2.8. Sobrevoltaje registrado en una sección de control . . . . .	35
2.9. Deformación de onda de voltaje producto de las distorsiones. . . . .	36

2.10. Señal con presencia de alta frecuencia. . . . .	37
2.11. Triángulo de potencias. . . . .	38
2.12. Simulación en MATLAB de un modelo PI . . . . .	38
2.13. Gráficas de voltaje resultantes del sistema eléctrico. . . . .	39
2.14. Gráficas de corriente resultantes del sistema eléctrico. . . . .	39
3.1. Provincia de Santa Elena. . . . .	41
3.2. Clientes facturados en el año 2022 por CNEL STE . . . . .	42
3.3. Clientes con tarifas especiales facturados en el año 2022 por CNEL STE . . . . .	42
3.4. Climas tropicales megatérmicos de Santa Elena. . . . .	43
3.5. Climas tropicales megatérmicos de Santa Elena. . . . .	44
3.6. Mapas de suelo de Santa Elena. . . . .	44
3.7. Conductor soterrado en poste de distribución . . . . .	45
3.8. Electrodo compacto de grafito. . . . .	46
3.9. Conductor de puesta a tierra CONDUCCGROUND. . . . .	46
4.1. Zona de colocación de conductor . . . . .	52
4.2. Mediciones de resistencia de conductor en FAE . . . . .	52
4.3. Zona de colocación de conductor en Vía Punta Carnero . . . . .	53
4.4. Detalles observados en conductor en Vía Punta Carnero . . . . .	54
4.5. Zona de colocación de conductor en Avenida Punta Carnero . . . . .	54
4.6. Intento fallido de hurto del conductor Conduground . . . . .	55
4.7. Poste sin presencia del conductor Conduground . . . . .	56
5.1. Hurto de material eléctrico en zona céntrica de Santa Elena . . . . .	68
5.2. Sitio geográfico a implementar el proyecto . . . . .	68
6.1. Cronograma de actividades . . . . .	77
A.1. Cotización realizada a la empresa Novalighting Cia. Ltda . . . . .	83
A.2. Cotización realizada a la empresa VIVA LED . . . . .	84
A.3. Cotización realizada a la empresa Electro Burbano . . . . .	85
A.4. Tabla comparativa de corriente de corto circuito a 8 ciclos de con- duground y cobre. . . . .	86
A.5. Tabla comparativa de rendimiento conduground y cobre . . . . .	87
B.1. Captura de pantalla de la red social de la empresa eléctrica Cen- trosur. . . . .	88
B.2. Captura de pantalla de la página web de CNEL. . . . .	89
B.3. Noticia referente al problema que sufre la EEASA. . . . .	90
B.4. Captura de pantalla de la página web de la empresa eléctrica Quito. . . . .	91
B.5. Noticia referente al problema que sufre la EE Quito. . . . .	92
B.6. Noticia referente al hurto que sufre el conductor soterrado en poste metálico por parte de CNEL. . . . .	93
B.7. Capturas en Santa Elena . . . . .	94
B.8. Capturas en la entrada de Santa Elena . . . . .	94

<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	III
B.9. Capturas en Vía Punta Carnero . . . . .	95
B.10. Capturas en Avenida Punta Carnero . . . . .	95

# Resumen

La finalidad de los sistemas de puesta a tierra es disipar las corrientes eléctricas no deseadas y presentes en el desplazamiento del tipo residencial, industrial y comercial. Su rol es la protección de los equipos y personas de las alteraciones eléctricas que pueden generarse por las perturbaciones en la red o fenómenos eléctricos, es decir, el sistema de puesta a tierra es el principal mecanismo de prevención ante sobretensiones y corrientes no deseadas, de allí la importancia de conocer la resistividad del suelo y la correcta implementación de la puesta tierra en cualquier instalación eléctrica.

Considerando el planteamiento de este proyecto que se enfoca en el mejoramiento de los sistemas de puesta a tierra, es importante conocer los antecedentes que constituyen una causa determinante para la disminución operativa de este sistema, sobre todo en las zonas costeras, esos factores son la salinidad y los constantes robos y hurtos de este producto, para el efecto dentro del desarrollo del proyecto se realiza el diseño y modelamiento del sistema de puesta a tierra con apantallamiento, inicialmente debemos realizar una revisión de los niveles de salinidad de zonas costeras, trabajar en el diseño y modelado del sistema de puesta a tierra y apantallamiento, luego de la evaluación en campo, se determinó la relevancia de rediseñar el sistema de puesta a tierra. Para ello, se llevó a cabo un estudio de corriente de falla del sistema, en base a información recopilada previa de la resistividad del terreno, para el procedimiento de diseño del sistema se creó una interfaz gráfica realizado en MATLAB, con el fin de validar el resultado y tener índices de los valores obtenidos, haciendo comparativo de cumplimiento en base a normas locales e internacionales.

Se tomará en cuenta las características ambientales que afectan el buen funcionamiento de los elementos empleados en Santa Elena con el fin de brindar una propuesta que haga frente ante la corrosión y el hurto. Se evaluará la eficiencia del equipo con el objetivo de analizar su comportamiento y de esta forma aplicar una solución ante esta problemática que impacta de manera negativa en la península.

# Antecedentes

La implementación de los sistemas puesta a tierra como elemento de potencial eléctrico cero fue descubierto alrededor del siglo XIX por la industria telegráfica, al momento de descubrir que un sistema telegráfico de dos hilos podía ser reemplazado con la colocación de un mono conductor ya que la tierra se podía usar como elemento de retorno de la señal, eliminando la necesidad de un segundo conductor metálico. Históricamente los primeros sistemas de puesta a tierra se crearon como medidas de seguridad para prevenir incendios, frecuentemente visto en la industria eléctrica de la época.

El Sistema de puesta a tierra constituye un conjunto de medidas implementadas para la conexión de un elemento conductor a tierra con el fin de disipar las corrientes eléctricas sin exceder el límite de operación de la red y los equipos, brindando seguridad a los equipos y las personas contra sobretensiones generadas por perturbaciones en la red o fenómenos eléctricos.

En la evolución y la necesidad de implementar el sistema de puesta a tierra se originaron las normativas como el IEEE std. 80: IEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, e IEE std 142: IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems, a nivel nacional e internacional; localmente tenemos los CPE INEN 19:2001 código eléctrico nacional que junto a las enlistadas anteriormente describen los parámetros a considerar para diseño y construcción de los sistemas de puesta a tierra. Contamos también con reglamentos locales de las empresas de distribución eléctrica que determinan especificaciones adicionales para los sistemas puesta a tierra en su área de influencia.

Un sistema de puesta a tierra diseñado correctamente y construido para mantener la seguridad de las instalaciones eléctricas puede garantizar la integridad física de las personas en el entorno, su mantenimiento preventivo y correctivo genera ahorros en el mantenimiento, reparaciones, sustituciones y paros de maquinaria por fallas que se presentan en la red de distribución eléctrica.

Actualmente por regulación todas las edificaciones de tipo industrial deben contar con un sistema de puesta a tierra para la protección de sus instalaciones. Considerando las condiciones de salinidad de la costa ecuatoriana, como las poblaciones asentadas a lo largo de la zona costera en la provincia de Santa Elena, hay una constante que disminuye el rendimiento en la protección que brinda el sistema de puesta a tierra, nos referimos a la corrosión, problemática que nos plantea la necesidad de mejorar el nivel de protección de la varilla

utilizada para la resistencia de la puesta a tierra. A su vez los altos índices de hurto de material eléctrico afecta gravemente a la empresa eléctrica y al consumidor final debido a las afectaciones que ocasiona como la reducción en la calidad de energía y el peligro inminente que se puede presentar ante cualquier persona que manipule algún elemento perteneciente a la línea.

# Justificación

Es necesaria la presencia de un sistema de puesta a tierra con el fin de brindar seguridad y prevenir daños como son posibles efectos de variaciones de voltajes y corrientes no deseadas en equipos electrónicos y a personas. Esto también genera una disminución de los gastos, mantenimientos, sustituciones y reparaciones que influyen directamente en el tiempo empleado por las empresas eléctricas y personal encargado en este emplazamiento. La provincia de Santa Elena se encuentra en la línea costera del Ecuador, donde el ambiente salino resulta dañino y corrosivo para elementos metálicos pertenecientes al conjunto de la puesta a tierra, afectación que se visualiza no sólo en sistemas residenciales y edificaciones, sino también en las protecciones empleadas en las líneas de distribución lo cual con el tiempo disminuye la impedancia del sistema, generando exposición a potenciales inseguros en régimen permanente o situaciones de falla. En el mercado informal, también llamado mercado negro, el valor de metales como el cobre son llamativos para hurto puesto que generan dinero fácil, que al ser retirado de los sistemas de puesta a tierra provocan daños que, si no son atendidos a tiempo, producirán voltajes excesivos afectando la calidad del servicio de energía suministrado a residentes o habitantes ubicados en zonas aledañas a la línea. Por tal razón, en este trabajo técnico se busca suplir esta necesidad mediante una investigación, puesta a prueba de equipos y elementos empleados en el mercado internacional como recomendación para brindar solución a la problemática de salinidad y hurto presentado en la península.

# Objetivos

## Objetivo general

Mejorar la operatividad y durabilidad del sistema puesta a tierra para línea de distribución en ambientes salinos, considerando la rápida corrosión y hurto de los sistemas de puesta a tierra en la Provincia Santa Elena.

## Objetivos específicos

- Evaluar valores de resistividad en las puestas a tierras en zonas de alto índice delictivo.
- Formular una puesta a tierra diseñada para mitigar los efectos de la corrosión en la zona crítica ubicada en la costa de Santa Elena.
- Analizar la factibilidad de elementos con características antihurto para la estabilidad en la calidad de energía.
- Analizar el efecto de la ausencia de la puesta a tierra en redes eléctricas.

# Capítulo 1

## Sistema de puesta a tierra

### 1.1. Introducción

El sistema de puesta a tierra se traza generalmente como medida de seguridad y establecer diferentes puntos a un mismo potencial eléctrico. Toda estructura metálica expuesta que pueda ser tocada por una persona se conecta a tierra mediante los conductores eléctricos. La mayoría de equipos eléctricos se colocan dentro de carcasas metálicas, esta estará temporalmente energizada si llega a tener contacto con un conductor energizado. La conexión equipotencial asegura que, si esto llegase a suceder, el potencial en todas las carcasas sea el mismo. De esta manera, se crea una "plataforma" equipotencial. Si una persona toca dos estructuras metálicas expuesta al mismo tiempo, la conexión eléctrica asegurará que la persona no reciba una descarga eléctrica, haciendo que la diferencia de potencial sea demasiado baja para ocasionar una descarga. Este principio es empleado en todo tipo de instalaciones eléctricas, ya sean subestaciones, industrias y residencias.

En las industrias, conectar a tierra las estructuras metálicas expuestas asegura que, una falla eléctrica en la carcasa de la máquina no ocasionará una diferencia de potencial entre esta y las estructuras metálicas en máquinas adyacentes, evitando así descargas.

En el hogar, la conexión equipotencial de los equipos eléctricos, si se produce una falla e la carcasa metálica de algún electrodoméstico, como una lavadora, y una persona toca al mismo tiempo este equipo y el estante metálico, no experimentará una descarga eléctrica.

El sistema de puesta a tierra siempre garantizará que, en caso de una falla a tierra, la corriente de falla regrese a la fuente de una forma controlada y segura. Al detallar de una forma controlada, nos referimos a la trayectoria predeterminada, de tal modo que evita daños a equipos o lesiones a las personas. La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula. Sin embargo, la impedancia del sistema de tierra debiera ser lo bastante baja de tal manera que pueda fluir suficiente corriente de falla a tierra para el correcto funcionamiento de los

dispositivos de protección, estos provocarán la acción de interruptores o fusibles para interrumpir el flujo de corriente. El diseñador de la protección determina el valor necesario de impedancia a través de programas de análisis de fallas y este valor debe comunicarse a los responsables del diseño del sistema de puesta a tierra. Además, la elevación de potencial que experimentará el sistema de puesta a tierra mientras ocurre la falla, debiera ser establecida a un valor predeterminado.

Una falla común, puede ocurrir por el deterioro en un conductor o la ruptura eléctrica del aislante fase a tierra en una parte de un equipo. En instalaciones con equipos que requieren elevados niveles de energía, como estaciones de transmisión radiales, televisivas o con bancos de condensadores, el sistema de puesta a tierra debe ser diseñado para ofrecer una baja impedancia a estas frecuencias.

A nivel de líneas de distribución el sistema puesta a tierra brinda protección no sólo al transformador, sino también al pararrayo y a los equipos utilizados en la red de alumbrado público.

## 1.2. Tipos de puesta a tierra

### 1.2.1. Puesta a tierra para sistemas eléctricos

La puesta tierra en sistemas eléctricos es necesaria para limitar variaciones de voltaje que pueden resultar en fenómenos de inducción. Los altos voltajes o picos de voltaje son producto de descargas atmosféricas o incluso de potenciales propias de línea del sistema. Esto se realiza con la tierra de servicio que es un conductor que conecta al sistema eléctrico y a la tierra. La mayoría de elementos deben tener una conexión a tierra algunos ejemplos son:

- Los neutros de transformadores.
- Neutros de alternadores
- Circuitos de baja tensión de transformadores
- Pararrayos y elementos de derivación de seccionadores de puesta a tierra.

### 1.2.2. Puesta a tierra de los equipos eléctricos

El propósito de la puesta a tierra es brindar seguridad a personas y a los equipos conectados al servicio eléctrico, reduciendo potenciales picos de voltaje que pueden resultar dañinos, de tal forma que opere de manera segura las protecciones de sobrecorriente correspondientes.

Empleado para conectar a tierra elementos que normalmente no tiene tensión, pero que podrían tenerla debido a fallas eléctricas, a su vez es necesario establecer una conexión a tierra en puntos específicos para mejorar la medida de seguridad, regularidad de operación y funcionamiento. En general, la resistencia a tierra en cualquier punto del sistema no debe ser superior a  $10 \Omega$ .

En edificios, la conexión a tierra de los equipos se realiza mediante una barra de cobre electrolítico, instaladas a unos 60 cm sobre el nivel de piso con una

legenda, que es de uso exclusivo para el sistema de fuerza en las concentraciones de tableros de cada piso [JDElctricos, 2021].



Figura 1.1: Puesta a tierra en lavadora.

### 1.2.3. Puesta a tierra en señales electrónicas

Con el afán de evitar la contaminación con señales en frecuencias diferentes a la deseada, se busca protegerlas mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero o a tierra.

### 1.2.4. Puesta a tierra de protección electrónica

Para proteger los elementos semiconductores por daños de sobretensiones, se instalan dispositivos de protección entre los conductores activos y tierra. Estos dispositivos limitan los picos de voltaje a niveles seguros.

La puesta a tierra de los equipos electrónicos y de control se realiza mediante una serie de electrodos instalados en el exterior del edificio. En el interior se instala una barra de cobre electrolítico colocada a 2.60 metros sobre nivel de piso terminado con una leyenda que es de uso exclusivo para el sistema de electrónica.

La resistencia a tierra máxima en este sistema debe ser de  $2 \Omega$ . En caso de no alcanzar la resistencia deseada, se instala algún elemento químico para reducir la resistividad del terreno y obtener la resistencia a tierra necesaria.

Los equipos eléctricos son conectados a tierra para evitar que su cubierta metálica represente un potencial respecto de tierra que pueda significar un peligro

para el usuario del equipo o para él operario que realice mantenimientos. Este tipo de conexión a tierra se denominará Tierra de Protección.

Es probable que ciertas partes de una instalación, de las que normalmente están sin tensión, puedan quedar con una tensión con respecto a la tierra por fallas de aislamiento, para el efecto, se debe evitar conectar todas las partes metálicas con las que pueda una persona entrar en contacto y que no debe estar normalmente con tensión. Se entiende por tierra de protección la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada.

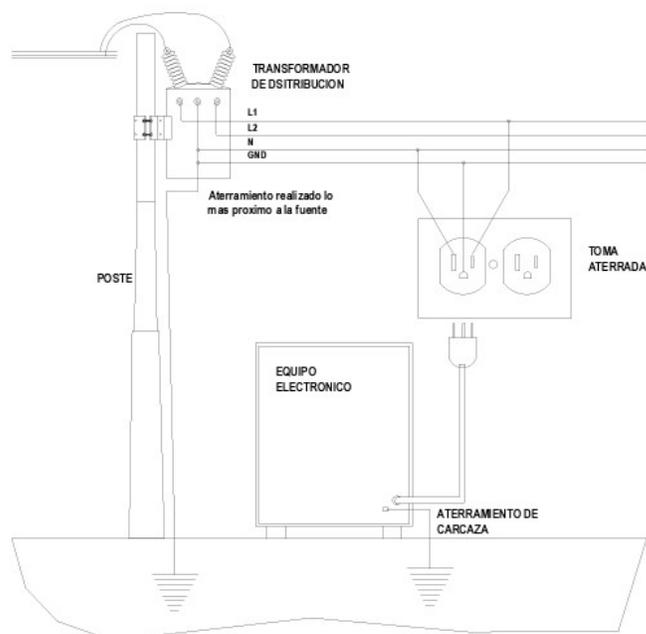


Figura 1.2: Puesta a tierra en líneas de baja tensión.

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones. Salvo se indique lo contrario, se pondrán a tierra los siguientes elementos:

- Los envoltentes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las columnas, soportes y pórticos.
- Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión.
- Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
- Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.

- Las puertas metálicas de los locales.
- Las vallas y cercas metálicas.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conductos metálicos.
- Hilos de guardia o cables de tierra de las líneas aéreas.

En lugares donde el conductor de puesta a tierra esté expuesto en vías de circulación de personas u animales ajenas a la instalación, se debe contar con protección mecánica, y evitar el uso de tubos de material de buena permeabilidad magnética ya que estos concentran los campos magnéticos y aumentan el riesgo de descargas [JDEléctricos, 2021].

### 1.2.5. Puesta a tierra de protección atmosférica

Este sistema de puesta a tierra se destina para drenar a tierra las corrientes producidas por descargas atmosféricas (rayos) sin mayores daños a personas y propiedades.

Se coloca una malla metálica sobre el suelo que conecta a tierra los equipos o edificios a proteger. Esta malla iguala el potencial eléctrico en toda la superficie y disipa las corrientes de fuga. En estos casos se suele emplear electrodos tipo Copperweld y cable tipo pararrayos de cobre Clase 1 de 27 hilos [INEN, 2018].

La distancia entre el edificio y el sitio debe ser de al menos 2,50 metros y debe estar completamente aislado de los sistemas de tierras para fuerza y electrónica. La resistencia a tierra en cualquier punto del sistema no debe ser superior a  $10 \Omega$ , en caso que la resistencia del terreno sea alto, se emplearán arreglos de electrodos en delta o elementos químicos para reducir la resistividad del terreno, recomendados por [SEN, 2018] en el artículo 250-83.

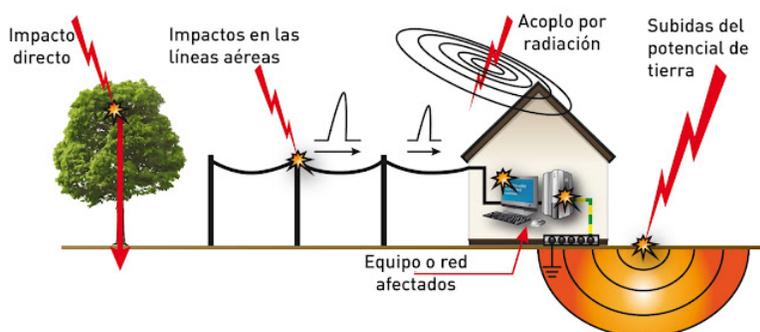


Figura 1.3: Medida de protección contra rayo.

### 1.2.6. Puesta a tierra de protección electrostática

Este sistema de puesta a tierra sirve para neutralizar cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos. Se estructura uniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando el planeta tierra como referencia de voltaje cero. Es importante recalcar que cada sistema de tierras debe cerrar únicamente el circuito eléctrico que le corresponde.

### 1.2.7. Puesta a tierra según IEC:

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ha definido 3 sistemas de puesta a tierra para instalaciones eléctricas, como son: sistema TT, TN e IT. El sistema TN se subdivide en 3 categorías: sistema TN-C, TN-S, TN-CS. A continuación, se presenta una breve descripción de estos sistemas de suministro de energía.

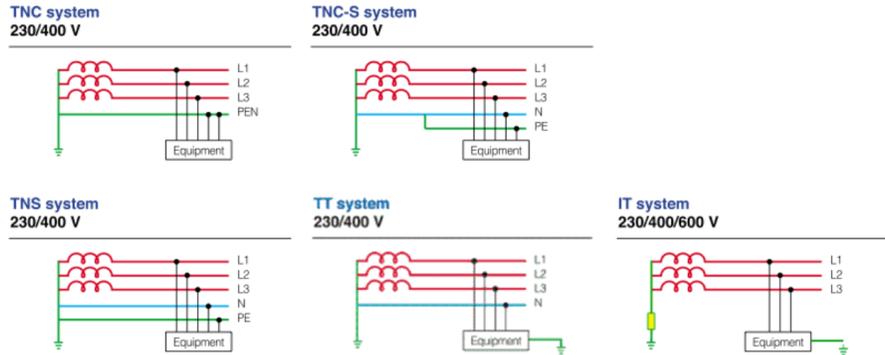


Figura 1.4: Tipos de sistemas existentes.

El significado de las letras I, T, N, C, S son:

1. En el símbolo del método de suministro de energía estipulado por la IEC, la primera letra representa la relación entre la potencia (sistema de energía) y la tierra. La I proviene del francés *isolement*, que significa aislamiento, esta indica que el sistema está aislado de tierra o conectado a través de una alta impedancia. Mientras que "T" representa el punto neutro del sistema que está conectado directamente a tierra [LSP, 2019].
2. La segunda letra indica el tipo de conexión a tierra del conductor de protección. La T indica que la carcasa del dispositivo está conectada a tierra. La N indica que la conexión a tierra se realiza por el conductor neutro [LSP, 2019].
3. La tercera letra indica la disposición del PEN (conductor que combina, conductor de protección PE y neutro N). La C indica que la PEN combina la función de neutro y protección (TN-C); S indica que el conductor PE y conductor N están separados (TN-S) [LSP, 2019].

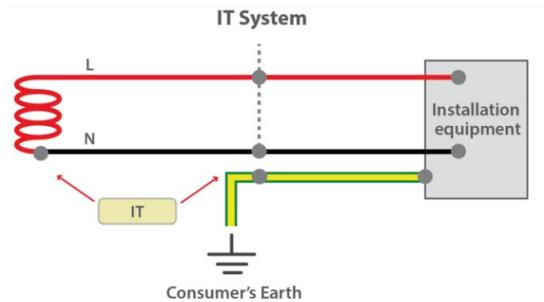
**Sistema de puesta a tierra IT:**

Figura 1.5: Sistema IT.

En los sistemas de puesta a tierra IT, los componentes activos están aislados de tierra o conectados a través de una impedancia alta. La impedancia alta puede ser necesaria por razones de medición, siempre y cuando no comprometa la seguridad eléctrica. La puesta a tierra de las masas se realiza de forma individual o conjunta [BENDER, 2023].

El sistema busca la desconexión rápida en caso de ocurrir una corriente de falla, la baja impedancia genera una corriente de fuga alta que actúa como un interruptor automático [LSP, 2022b]. Sin embargo, al tener contactos indirectos aumenta el riesgo de descarga eléctrica. Para proteger a las personas, se usan dispositivos de protección como fusibles e interruptores diferenciales, que realizan la desconexión antes que ocasione daños.

**Sistema de puesta a tierra TN-C:**

El sistema TN-C emplea el cable para neutro y protección (PEN). Es decir, si hay un fallo la corriente fluye por esta línea y lo desconecta.

**Sistema de puesta a tierra TN-CS:**

Si la fuente de alimentación temporal del sistema TN-CS se conecta al sistema TN-C en la parte frontal y el sitio de construcción requiere un sistema TN-S, se puede dividir la caja de distribución en la parte trasera para crear un sistema TN-S independiente.

El sistema TN-CS presenta las siguientes características:

1. La conexión entre la línea neutro de trabajo N y la tierra de protección PE puede afectar la protección del equipo en caso de tener corrientes desequilibradas elevadas. El sistema TN-CS reduce el voltaje de la carcasa del motor a tierra, pero no lo elimina por completo [LSP, 2022b]. El voltaje residual depende del desequilibrio de la carga y la longitud de esta línea. Es por eso que se recomienda mantener la corriente de desequilibrio baja y realizar conexiones repetitivas en la línea PE a tierra.

2. La línea PE no debe conectarse al protector de fugas bajo ninguna circunstancia, la conexión del protector al final del circuito puede provocar un corte de energía a gran escala.
3. La línea PE y N solo deben ser conectados en un mismo compartimiento A su vez evitar instalar interruptores ni emplear como tierra estas líneas.

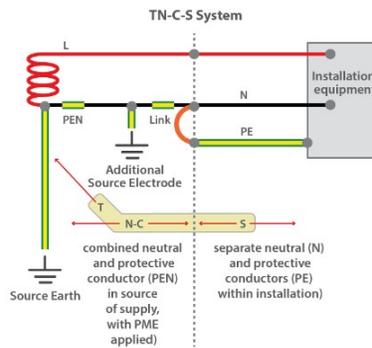


Figura 1.6: Sistema TN-CS.

Mediante este análisis, el sistema TN-CS puede modificarse temporalmente al sistema TN-C en ciertas condiciones. Si el transformador trifásico funciona correctamente y la carga está equilibrada, entonces el sistema TN-CS resulta viable para su uso de manera temporal en la construcción. Sin embargo, se emplea un sistema TN-S en caso que la carga se encuentre desequilibrada o en sitio se encuentre un transformador de potencia.

**Sistema de puesta a tierra TN-S:**

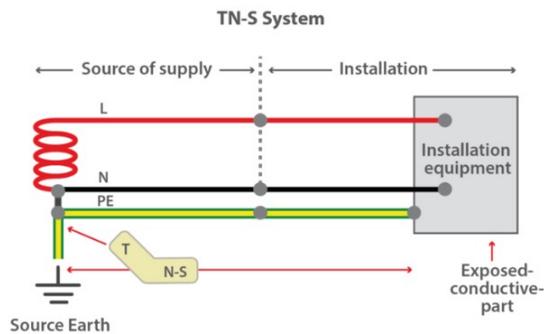


Figura 1.7: Sistema TN-S.

TN-S es un sistema de alimentación que separa el neutro de trabajo N del conducto de protección PE. Esta presenta las siguientes características:

1. En funcionamiento normal, existe corriente desequilibrada en el neutro de trabajo N a pesar de no existir corriente en la línea de protección PE. Lo que conlleva a no existir voltaje en la línea PE a tierra, por lo que la el neutro de la carcasa metálica del equipo estará conectada a la línea PE, haciendola segura y confiable.
2. La línea neutra N se utiliza exclusivamente para la alimentación a circuitos de iluminación monofásicas.
3. La línea de protección PE no debe ser seccionada bajo ninguna circunstancia.
4. Se puede instalar el protector de fugas en la línea L del sistema pero se debe cumplir que la línea N no debe tener conexiones a tierra adicionales y la línea PE debe tener conexiones a tierra repetidas.
5. El sistema TN-S brinda mayor protección ante descargas eléctricas, menores riesgo de fallos, mejor calidad de energía y menor consumo. Este sistema debe utilizarse previo a realizar una obra de construcción.

#### Sistema de puesta a tierra TT:

Es un sistema de protección que conecta directamente a tierra la carcasa metálica de un dispositivo eléctrico.

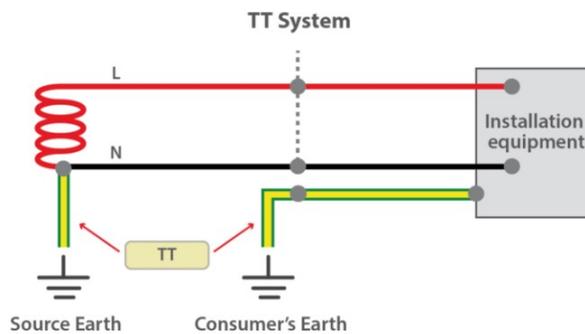


Figura 1.8: Sistema TT.

El primer símbolo T representa que el neutro del sistema se encuentra conectado directamente a tierra; el segundo símbolo T indica que las partes conductoras expuestas de carga están conectadas a tierra mediante un sistema independiente del neutro [LSP, 2022b]. El sistema TT ofrece mayor seguridad en caso de fallos de aislamiento, sus características son:

1. Al momento de sufrir riesgo de descarga en una carcasa metálica del equipo, el dispositivo detecta fugas de corriente a tierra y desconecta la alimentación. Sin embargo, puede existir un voltaje de fuga de tierra sea mayor que el seguro debido a que el interruptor automático no llega a dispararse.
2. Limitaciones del sistema con fusibles es que no se funden con corrientes pequeñas de fuga, lo que deja a personas y equipos en riesgo.
3. El sistema TT presenta un alto consumo de acero, ocasionando un impacto negativo ambiental.

Actualmente, los sistemas TT es empleado en una unidad de construcción que toma prestada la alimentación de otra para su uso temporal, reduciendo el consumo de acero que es usado para la conexión a tierra. La línea de protección se mantiene separada de la línea PE para evitar el paso de corrientes de fuga por la línea de tierra, que se caracteriza por:

1. La línea de puesta a tierra y la línea neutra de trabajo son dos conductores separados con funciones distintas.
2. En el funcionamiento normal, la línea de trabajo lleva corriente de retorno mientras que la línea de protección no lleva en condiciones normales.
3. El sistema TT es adecuado para terrenos con baja conductividad.

### 1.3. Elementos del sistema de puesta a tierra

Técnica la instalación de Puesta a Tierra es un conjunto formado por un electrodo de tierra y alambre de las barras colectoras del neutro en el panel de servicio (línea de tierra de una instalación eléctrica) La puesta a tierra sirve para tenerla misma referencia tanto el usuario como la Unidad de distribución eléctrica, una diferencia de potencia de 0 voltios.

#### 1.3.1. Electrodo de puesta a tierra

El electrodo de puesta a tierra es la parte medular del sistema de puesta a tierra, este elemento está en contacto directo con el suelo y, por lo tanto, proporciona una forma de rebotar o captar cualquier tipo de corriente de fuga. Generalmente, es necesario transportar una corriente de falla relativamente grande en poco tiempo, por lo que se requiere una parte de considerable tamaño para transportar la corriente de manera segura. El electrodo debe tener suficientes características mecánicas y eléctricas para continuar respondiendo a la tensión durante un determinado y largo periodo de tiempo. Es de vital importancia la buena conductividad eléctrica y ésta sólo se garantiza evitando la corrosión en una amplia gama de condiciones del suelo. Los materiales usados incluyen: cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y hierro fundido.



Figura 1.9: Electrodo de puesta a tierra.

### 1.3.2. Barra

Es la forma más común de electrodos a tierra por su bajo costo y porque puede utilizarse para alcanzar suelos profundos con baja resistividad con excavación y de material tipo relleno. En el mercado existe una variedad de tamaños, longitudes, diámetros y materiales. La varilla es de cobre puro o de acero bañado en cobre. Para la instalación de las barras de acero se incrustan mecánicamente, el tipo de revestimiento porque el acero utilizado tiene alta resistencia mecánica, la copa de cobre debe ser de alta pureza y utilizar electrólisis. En condiciones de suelo más agresivas, como el de alto contenido de sal, se recomienda usar barras de cobre sólidas. Las barras de acero inoxidable son más ánodo que cobre y se usan para prevenir el riesgo de corrosión galvánica.

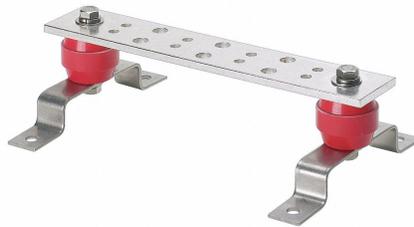


Figura 1.10: Barra de puesta a tierra.

### 1.3.3. Placa

Se recomiendan para tomas de tierra en terrenos pedregosos. Generalmente son de cobre o acero galvanizado.[ELIGHTING, 2023]



Figura 1.11: "Placa de puesta a tierra.

#### 1.4. Sistemas de puesta a tierra empleado en líneas de distribución en Ecuador

Para la instalación de puesta a tierra de los circuitos de distribución en media y baja tensión, y demás elementos conectados al sistema, es necesario tomar en consideración las siguientes condiciones:

1. Los dispositivos de protección contra sobretensión transitorias deben conectarse a tierra empleando un conductor para la unión a la varilla, se debe utilizar un cable de cobre (copperweld) de calibre No. 4 AWG, esta debe evitar realizar dobleces agudos en el cable.
2. Para los transformadores de potencia se realiza la conexión entre neutro y carcasa, con un conductor copperweld No. 4 aWG. Para la bajante de puesta a tierra se emplea uno solo para el caso de transformador y pararrayo.
3. El neutro de la red de baja tensión es realizada cada 5 postes como también los neutros del circuito.
4. Los circuitos de media tensión que lleven neutro o cable de guarda deben ser aterrizados en todos los postes, donde cada poste debe tener una varilla de tierra individual.
5. Para las transiciones de los cables subterráneos de mediana tensión, los alambres de la pantalla metálica del blindaje del conductor en los terminales deben conectarse a tierra por medio de la puesta a tierra de los pararrayos. La pantalla del terminal del cable de media tensión sólo debe aterrizar en uno de los extremos del cable, para evitar circulación de corriente a través de la pantalla.
6. Para evitar vandalismo se opta por utilizar postes de concreto con la puesta a tierra inmersa en el concreto. Se empalman los cables en las cajas de paso dispuesta con los conectores adecuados, a fin de prolongar el conductor al

neutro y a la varilla de puesta a tierra. Estructura regulada con norma LA 408.

7. Como alternativa para el conductor del electrodo de puesta a tierra se usa el fleje de acero conectado al neutro o punto de tierra de equipos y en el otro extremo a la varilla de tierra.

Los sistemas de puesta a tierra más usado en Ecuador son el TT, IT y TN, dependiendo de tipo de protección que desee estructurarse.

## 1.5. Normas del sistema de puesta a tierra

Las principales normas empleadas para el sistema de puesta a tierra son:

- BS EN IEC 62305 Norma de protección contra rayos.
- España: RBT2002 "Regulación electrotécnica de baja tensión". ITC-18 "Sistemas de puesta a tierra".
- EE. UU.: UL 467 "Equipo de conexión a tierra y conexión".
- Ecuador: NEC-SB-IE "Instalaciones eléctricas" -Enfocada en las instalaciones eléctricas residenciales.
- CPE INEN 19: 2001 Código eléctrico nacional.

### BS EN IEC 62305 Norma de protección contra rayos

La norma BS EN / IEC 62305 para protección contra rayos fue publicada en septiembre de 2006, en reemplazo a la norma BS 6651: 1999. <Coexistieron hasta agosto de 2008 hasta el posterior retiro de BS 6651. Quedando en vigencia y como estándar reconocido para protección contra rayos la BS EN / IEC 62305. La norma refleja mayor comprensión científica de los rayos y sus efectos influyendo directamente en el impacto de la tecnología y los sistemas electrónicos en la vida diaria [LSP, 2017]. Más compleja y exigente que su predecesora y se divide en cuatro partes: principios generales, gestión de riesgos, daños físicos a estructuras y peligros para la vida, y protección de sistemas electrónicos, incluyendo parámetros de puesta a tierra.

En el año 2010, estas partes se sometieron a una revisión técnica periódica, y las partes 1, 3 y 4 actualizadas se publicaron en el año 2011. La parte 2 actualizada está actualmente en discusión y se publicó a finales del año 2012. La clave para BS EN / IEC 62305 es la evaluación de riesgos integrales como basarse en una evaluación completa de riesgo y brindar una protección no solo a las estructuras sino también los servicios que se encuentren conectados. En esencia, la protección contra sobretensiones transitorias o sobretensiones eléctricas es parte integral de la norma.

Acorde a esta norma establece los requisitos para la protección contra rayos de las estructuras, a su vez recomienda del uso de un único sistema integrado

de puesta a tierra, combinando protección contra rayos, energía y sistemas de telecomunicaciones. Como requisito para la integración es necesario obtener un acuerdo por parte de la autoridad operativa del sistema previo a cualquier vinculación [LSP, 2022a].

Una buena conexión a tierra cuenta con estas características:

- La baja resistencia eléctrica en el electrodo de tierra es un factor crucial en la protección contra rayos. A menor resistencia, más probable es que la corriente del rayo elija fluir por el electrodo, permitiendo que la corriente se maneje de manera segura y se disipe en la tierra.
- La resistencia a la corrosión asegura la vida útil del sistema de protección.

### **RBT2002 “Regulación electrotécnica de baja tensión”. ITC-18 “Sistemas de puesta a tierra**

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) es un reglamento de obligado cumplimiento que prescribe las condiciones de montaje, explotación y mantenimiento de instalaciones de baja tensión, y el Real Decreto 842/2002 establece las condiciones técnicas que deben reunir las instalaciones eléctricas de baja tensión. Su última actualización se realizó en marzo del 2023.

Este Reglamento abarca la instalación de la puesta a tierra con la siguiente estructura:

1. Objeto.
2. Puesta o conexión a tierra.
3. Uniones a tierra.
4. Puesta a tierra por razones de protección.
5. Puesta a tierra por razones funcionales.
6. Puesta a tierra por razones combinadas de protección y funcionales.
7. Conductores CPN (También denominados PEN).
8. Conductores de equipotencialidad.
9. Resistencia de las tomas de tierra.
10. Tomas de tierra independientes.
11. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación.
12. Revisión de las tomas de tierra.

Establece los siguientes esquemas de protección: «Para las medidas de protección en los esquemas TN, TT e IT, ver la ITC-BT 24.».

Cuando se utilicen dispositivos de protección contra sobrecorrientes para la protección contra el choque eléctrico, será preceptiva la incorporación del conductor de protección en la misma canalización que los conductores activos o en su proximidad inmediata [MCT, 2005].

### **IEEE. Std. 81-2007 / IEEE Std. 80-2013**

La normativa IEEE. Std. 81-2007 se complementa con la IEEE Std. 80-2013. Aborda con detenimiento los métodos y técnicas para medir las características eléctricas de los sistemas de puesta a tierra. Incluye campos como medición de resistencia y resistividad, seguridad, equipos de medición, etc [IEEE, 2007]. El capítulo 5 detalla las medidas de seguridad a tomar para la evaluación de Sistemas de puesta a tierra (mediciones). La sección 7 describe los métodos para la medición de la resistividad del terreno. Destacan el Método de Wenner y el Método sin picas como herramientas que miden los parámetros de una formación (resistividad, porosidad, velocidad sónica, rayos gamma). En la sección 8 se detallan las técnicas para evaluar la resistencia de los sistemas de puesta a tierra ya instalados.

Finalmente, en la sección de anexos se incluye información relevante a equipos de medición de resistencia y resistividad. Se indica su principio de funcionamiento, características y consideraciones a tomar en cuenta al momento de ejecutar las mediciones dadas las particularidades de los equipos.

### **UL 467 EQUIPOS DE CONEXIÓN Y CONEXIÓN PUESTA TIERRA**

UL 467, 11.<sup>a</sup> edición, actualizada el 29 de abril de 2022: Norma UL para equipos de conexión y conexión a tierra de seguridad. Esta norma se aplica a equipos de conexión a tierra y unión para uso de acuerdo con CSA C22.1, Código Eléctrico Canadiense, Parte I en Canadá, el Código Eléctrico Nacional, NFPA 70, en los Estados Unidos, o la Norma para Instalaciones Eléctricas, NOM-001.-SEDE, en México [Laboratories, 2022]. Esta Norma se aplica a los siguientes equipos de conexión a tierra y unión:

1. Abrazaderas de tierra, dispositivos de conexión, casquillos de puesta a tierra, derivaciones de medidores de agua, electrodos de puesta a tierra y similares utilizados en un sistema de puesta a tierra.
2. Equipo para realizar uniones entre conexiones eléctricas como los conductores de puesta a tierra utilizados en sistemas de energía eléctrica, partes metálicas de equipos eléctricos que no transportan corriente, cables de puesta a tierra blindados, conductos metálicos y electrodos de puesta a tierra.
3. Tomas de tierra de hospitales y conjuntos de cables de tierra correspondientes

4. Dispositivos de unión para realizar conexiones eléctricas entre la cabeza hexagonal de un accesorio de latón utilizado en un sistema de tuberías de acuerdo con 250.104 de NFPA 70; y los electrodos de puesta a tierra.

**Nota:**

- En Canadá, las “tomas de conexión a tierra de hospitales” no están definidas en CSA C22.1, Código Eléctrico Canadiense, Parte I.

**NEC-SB-IE “Instalaciones eléctricas” - Enfocada en las instalaciones eléctricas residenciales**

La normativa ecuatoriana establece un esquema de puesta a tierra TN-C-S, la normativa específicamente cita: <sup>Et</sup> esquema de Conexión a tierra (ECT) o el régimen neutro que se debe utilizar es el TN-C-S, esto significa que el neutro del transformador debe ser puesto sólidamente a tierra por parte de las empresa eléctricas, mientras que el usuario debe conectar todas las carcasas metálicas de sus equipos electrónicos al conductor de puesta a tierra (el conductor neutro, cuando se trata de tablero de distribución principal). La letra C significa que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor y la letra S significa que las funciones del neutro y de protección se han con conductores separados<sup>8</sup>. Adicionalmente refiere: <sup>Et</sup>elementos que den ponerse a tierra: Deben ponerse a tierra el neutro de la acometida, los tableros de distribución y las carcasas metálicas de sus equipos electrónicos<sup>9</sup>.

**CPE INEN 19: 2001 Código eléctrico nacional.**

Tabla 1.1: Distribución de la PT en el CPE 19:2001.

Artículo	Sección
Acometidas	230
Anuncios eléctricos	600
Artefactos eléctricos	422-16
Ascensores, montacargas, escaleras y pasillos móviles.	620
Bus de cables	365-9
Cajas de salida, de dispositivo y de paso	370-4
Casas flotantes	553-8
Casas móviles y estacionamientos	550
Celdas electrolíticas	668
Circuitos de Clase 1, 2 y 3 de control remoto	725-6
Circuitos de comunicaciones	800
Artículo	Sección

Televisión	820-40
Sistemas de seguridad intrínseca	540-50
Sistemas de señalización de protección contra incendios	760-6
Sistemas solares fotovoltaicos	690-41
Teatros y zonas de espectadores en estudios cinematográficos	520-81
Tomacorrientes y conectores de cordón	210-7
Transformadores y bóvedas de transformadores	450-10
Uso e identificación de conductores puestos a tierra	200

CPE 19:2001 es un código basado en normas internacionales, es una adaptación del NEC de la NFP, es así que esta normativa varía mínimamente de la publicación original. Tal como su homólogo, este reglamento dedica su sección 250 a la puesta a tierra y detalla sus aplicaciones particulares según el equipo o sistema a tratar. Se describe esta distribución en la tabla 1.1:

## 1.6. Métodos de medición de puesta a tierra

La importancia de la resistividad del terreno en la toma de tierra es un factor crucial para determinar la eficacia de la toma, esta varía según el tipo de suelo, la humedad, temperatura y profundidad. Un terreno con elevada resistividad dificulta la dispersión de la corriente del rayo, aumentando el riesgo de daño a las estructuras y las personas. El método de Wenner (método de los cuatro puntos) es el más empleado para la medición de la resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ ).

### 1.6.1. Método de los 3 puntos - MTP

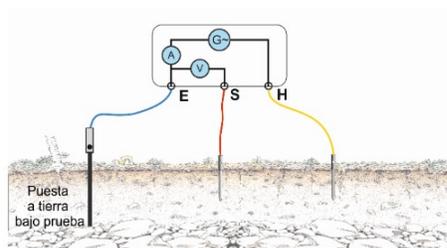


Figura 1.12: Diagrama del circuito de medida con método 3P. A - amperímetro, V - voltímetro, G - generador de tensión, inversor (CA).

También llamado caída de potencial, el cual consiste en hincar tres electrodos en el suelo: uno bajo prueba (E) y dos auxiliares (P y C) en línea recta. P se encuentra en una posición más cercana a E mientras que, C más cerca a D. Tal como se observa en la gráfica 1.12.

El funcionamiento se realiza en base a la medición de la resistencia a tierra variando la profundidad de E, es necesario la recopilación del terreno entre 5 a 10 veces la longitud de E.

El procedimiento es realizado con el telurómetro que inyecta corriente a través de E y C, posterior se mide la diferencia de potencial y finalmente, es registrado en el telurómetro la resistencia y resistividad aparente del terreno.

### 1.6.2. Método de Wenner

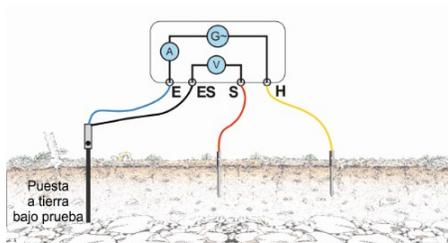


Figura 1.13: Diagrama del circuito de medida con método WENNER. A - amperímetro, V - voltímetro, G - generador de tensión, inversor (CA).

El método de Frank Wenner resulta muy preciso para la medición de la resistividad eléctrica del suelo, el cual consiste en cuatro electrodos alineado a una distancia (a) entre ellos, a una profundidad (b) u realizar la medición de resistividad sin necesidad de enterramiento completo [Citeenergía, 2022]. Tal como se puede observar en la gráfica 1.13.

El principio de funcionamiento se basa en la inyección de corriente a través de los electrodos C1 y C2, realizar la medición del voltaje entre los puntos P1 y P2. Finalmente, se realiza el cálculo de la resistencia y la resistividad aparente del terreno. Este método se aplica en sondeos a una posición inferior a los 25 metros para determinar la naturaleza del suelo.

### 1.6.3. Método sin picas (gancho)

El método sin picas se utiliza para medir la resistencia a tierra de un solo electrodo cuando éste forma parte de un sistema de múltiples electrodos y se realiza por medio de ganchos. Este método evita la tarea de desconectar cada electrodo del sistema para medir sus resistencias individuales [Citeenergía, 2022], así como la tarea de encontrar lugares adecuados para clavar las picas de medición de otros métodos. La prueba se puede realizar en cualquier lugar donde no se cuente con acceso al suelo, por lo que permite realizar mediciones al interior de los edificios. Se dice que se mide la resistencia del bucle de tierra formado por el electrodo en cuestión, el conductor equipotencial (de unión entre electrodos) y la tierra.

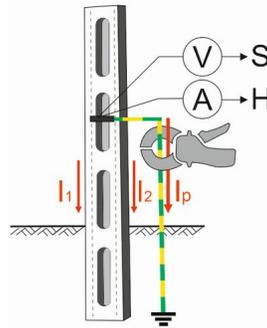


Figura 1.14: Esquema de conexión para la técnica sin picas.

Para este método se colocan dos ganchos alrededor del electrodo o cable y cada gancho se conecta al equipo de medición. Se induce un voltaje  $V$  conocido por uno de los ganchos y se mide la corriente  $I$  en el segundo. El equipo determinará la resistencia del bucle a tierra que se genera. Si existiese un solo camino a tierra, la medición no será válida y se deberá utilizar algún otro método. El principio de medición de este método se basa en el supuesto que el sistema tendrá múltiples electrodos de puesta a tierra conectados en paralelo; siendo así, la resistencia del resto del sistema  $R_1 || R_2 || \dots || R_n$  sería muy baja comparada con la resistencia de un solo electrodo; el electrodo a prueba  $R_x$ . La corriente medida, responde a la Ley de Ohm de acuerdo con la ecuación (4):

$$I = \frac{V}{R_x + (R_1 || R_2 || \dots || R_n)} \quad (1.1)$$

De donde se desprecia  $R_1 || R_2 || \dots || R_n$  teniendo como resultado al despejar  $R_x$  una aproximación del valor de la resistencia a tierra del bucle en cuestión.

El método sin picas, sólo mide la resistencia a tierra de un electrodo paralelo al resto del sistema de electrodos. Si lo anterior no se cumple, se estará midiendo un circuito abierto o la resistencia de un circuito de conductores de tierra.

## 1.7. El neutro en los sistemas de puesta a tierra

El neutro es utilizado para proporcionar un camino de retorno para la corriente eléctrica que fluye a través del circuito, mientras que la tierra se utiliza como un conductor de retorno seguro para la corriente eléctrica en caso de un fallo o un cortocircuito. La función del denominado cable neutro es crear una diferencia de potencial que permita la existencia de corriente eléctrica por el conductor fase. Esto se consigue gracias a su potencial 0 o diferencia de potencial 0. Su función es precisamente crear un desequilibrio.

Para poder transmitirse, la electricidad necesita de dos conductores, ya que la corriente se genera solo cuando los electrones se mueven desde un punto hacia otro. El voltaje de la instalación eléctrica es la diferencia de potencial eléctrico

entre el cable fase y el cable neutro. Por tanto, el cable neutro es el que permite a la corriente regresar y sirve como conductor de retorno de la corriente que circula por los circuitos monofásicos [SectorElectricidad, 2019].

La norma IEC 60364 establece la forma en que se ha de conectar a tierra el punto neutro de la alimentación y la forma de puesta a tierra de las masas. Ello condiciona la elección de las medidas de protección para las personas contra contactos indirectos. El Reglamento de Baja Tensión lo dice en su ITC-BT-08.

Los regímenes de neutro se identifican con dos letras estas son: La primera letra, indica la conexión del neutro a tierra y la segunda letra indica la conexión de las masas a tierra.

### Neutro y masas conectados de manera independiente a tierra

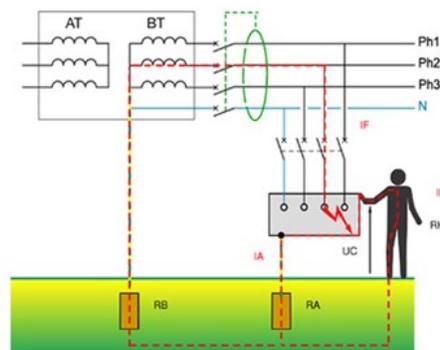


Figura 1.15: Neutro y masas conectados a tierra por separado.

es empleado en redes de distribución pública de baja tensión. El funcionamiento en caso de defecto a tierra quedaría formado por fase-PE-tierra-neutro-transformador. La corriente de defecto circula por el conductor PE, evitando la circulación por las masas.

### Protección del neutro

- No es necesario brindar una protección de sobreintensidad en el neutro si se cumple que la sección transversal del neutro es igual o mayor al de las fases.
- Para una sección del neutro inferior al de las fases, es necesario contar con una protección de sobreintensidades en el neutro.
- Es necesario el seccionamiento de los conductores activos del sistema.

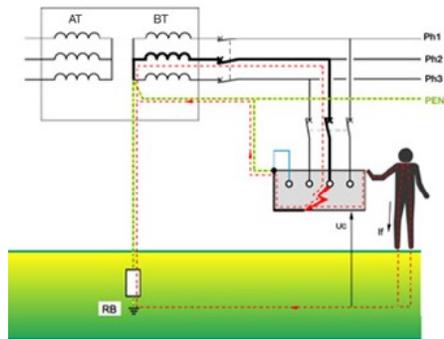


Figura 1.16: Neutro protegido.

### Estructura del neutro

El régimen TN-S: conductor de neutro separado del conductor de protección. Presenta un corte del neutro obligatorio. Resulta adecuado en situaciones como:

- Sección máxima del conductor de fase es  $10\text{mm}^2$  en cobre y  $16\text{mm}^2$  en Al.
- Canalización diseñada para moverse durante su funcionamiento.

El régimen TN-C-S: Combinación del conductor de neutro y protección en un solo conductor (PEN) en parte del esquema, la protección a utilizar incluye dispositivos contra sobrecorrientes e interruptores o relés diferenciales, cuando la corriente de defecto no sea suficiente para hacer disparar los dispositivos contra sobrecorrientes.

El conductor de protección PE no debe usarse como retorno a través del diferencial, esto debido a los riesgos de descargas en caso de fallo. En el caso del sistema TNC-S, previo al dispositivo de protección diferencial se hace la conexión del conductor del neutro con el conductor de protección PE el cual no debe ser cubierto por el transformador toroidal.

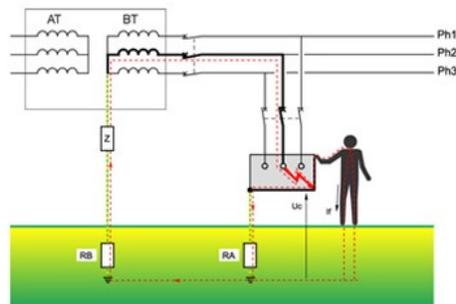


Figura 1.17: "TNS – TN-C-S (Estructura del neutro).

### Neutro para sistema IT

También llamado neutro aislado o con impedancia elevada, con masas conectadas a tierra mediante un conductor de protección.

Al momento de ocurrir una falla en aislamiento, y si la intensidad del mismo resulte débil y, por ende no requerirá la desconexión automática.

La impedancia de aislamiento varía según los tipos de receptores, longitud y envejecimiento de cables y condiciones higrométricas.

En situación de doble defecto, es crucial la rápida eliminación del primero porque si se produce una segunda esta provocaría el disparo de las protecciones.

En caso del neutro distribuido, se requiere protección del neutro con interruptor automático omnipolar y neutro protegido. El controlado permanente de aislamiento se conecta al neutro a la ubicación más cercana a donde se realizó la instalación y cercana a las toma de tierra de las masas. Para la protección contra corrientes de defecto, se emplean interruptores automáticos y en caso de emplear diferenciales, debe ser calibrado de tal forma que la sensibilidad del disparo no afecte al primer defecto.

Este régimen prioriza la continuidad del servicio y es el más empleado para hospitales, aeropuertos, minas, locales en riesgo de incendio y barcos.

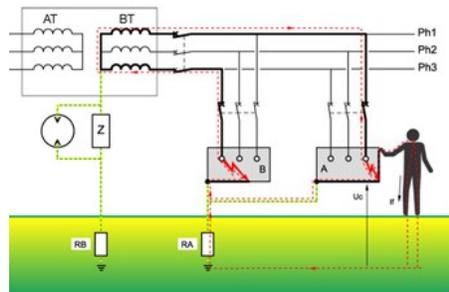


Figura 1.18: "Neutro para sistema IT.

## 1.8. Ausencia de la puesta a tierra en sistema TN-C-S

El sistema de puesta a tierra no aterrizado es aquel sistema neutral, que no tiene conexión conductora con la tierra.

En ingeniería de potencia, es común hablar del aterrizaje del neutro del sistema, ya sea que este se haga directamente o a través de una impedancia. Actualmente el punto neutro del sistema es una referencia conveniente, no un punto físico conectado a tierra. Por lo tanto, el aterrizaje del neutro de una parte específica de un aparato del sistema de potencia tal como un transformador y un generador, determinan el aterrizaje del neutro del sistema. El término que usaremos para el aterrizaje del neutro de una parte específica de un aparato se

denominará medio de aterrizaje. Por ejemplo, la resistencia de aterrizaje se refiere a un medio de aterrizaje del neutro de una parte de un aparato por medio de una resistencia. El término clase de aterrizaje se refiere a categoría de aterrizaje del sistema en función de sus características de desempeño. En un sistema de potencia sencillo por ejemplo un sistema típico de distribución o un sistema auxiliar de potencia, un simple transformador sirve a ambas fuentes y el punto de aterrizaje del neutro de todo el sistema se hace a través del neutro del transformador, definiendo la clase de aterrizaje del sistema. Por ejemplo, un sistema servido por un simple transformador cuyo neutro se aterriza a través de una resistencia se puede clasificar típicamente como un sistema aterrizado a través de una resistencia.

En sistemas complejos tales como sistemas de transmisión de alta y extra alta tensión, existen muchas piezas de aparatos que deben tener su neutro aterrizado (transformadores, banco de capacitares, reactores etc.). En estos sistemas múltiplemente aterrizados, la clase de aterrizaje es determinado por los efectos acumulativos de todos los puntos de aterrizaje. Si en la mayoría de los transformadores el neutro esta aterrizado por medio similares el sistema puede ser vagamente descrito en términos de una sola clase, como es, un sistema aterrizado a través de una inductancia. En forma general, en los sistemas donde existan múltiples puntos de aterrizaje para los aparatos con diferentes medios para el aterrizaje de neutro, la clase de aterrizaje puede ser determinada solamente por los cocientes de las componentes simétricas de secuencia cero y secuencia positiva. Los objetivos básicos en la selección de un esquema de aterrizaje para cualquier sistema en general son los siguientes:

- Establecer la relación de tensiones y el grado de protección de la fuente de tensión permitida por los pararrayos.
- Limitar los transitorios de sobretensión línea-tierra.
- Establecer la sensibilidad y selectividad de los relés de falla a tierra.
- Limitar la magnitud de corriente de falla a tierra.
- Seguridad

## 1.9. Efecto de la salinidad en la puesta a tierra

### 1.9.1. Salinidad de los suelos

La salinidad del suelo y agua tiene su origen de manera natural es decir, por la evaporación de agua salada o de manera antrópico, consecuencia de un riego inadecuado o el uso excesivo de fertilizantes. Eso es visto con mayor frecuencia en zonas áridas y semiáridas.

los suelos salinos son aquellos con cantidades excesivas de sales solubles que afectan la productividad en la mayoría de los cultivos. La medición se realiza a través de la conductividad eléctrica (CE) en un extracto de pasta saturada, donde es necesario tomar en consideración que  $CE > 4 \text{ dS/m}$  a 25 C.

### 1.9.2. Factores que influyen en la salinidad

Existen ciertas condiciones que influyen en la salinidad y estos son:

- **Calidad de agua de riego:** Agua con alto contenido de sales genera la acumulación de sales en el suelo, lo que a su vez afecta directamente a la productividad de los cultivos.
- **Aridez climática:** Al existir bajas precipitaciones, en el terreno hay menor lavado de sales en el suelo lo que ocasiona una mayor concentración de sales en el suelo.
- **Nivel freático:** También llamado capa freática se define como la superficie que la presión del agua y atmosférica son iguales, esto favorece el ascenso capilar de sales e impedimentos en el lavado del suelo.
- **Factores topográficos de forma** En zonas con depresiones topográficas es donde existe mayor concentración de sales producto a la lixiviación.

### 1.9.3. Causas de salinidad



Figura 1.19: Causas de salinización de los suelos.

El origen de las sales en aguas y suelos se encuentran estrechamente relacionados dado a que cuentan con un origen común, principalmente de la meteorización de las rocas o ya sea por sales fósiles. Aporte directo por la influencia de la capa freática y aguas salobres del mar.

Si las precipitaciones resultan inferiores a 380 mm anuales las sales solubles ascienden por capilaridad ocasionando la formación de suelos salinos. Se estima que la fuente original de sales proviene de las rocas, mientras que las sales

solubles en su mayoría se encuentran en agua de riego y disolución de minerales del suelo.

#### 1.9.4. Medición y clasificación de la salinidad en suelos

Se analiza la dinámica espacio temporal de la salinidad en el suelo, en donde se aborda la influencia de la lixiviación, el drenaje y la profundidad del suelo en la distribución de sales. Esta cuenta con variabilidad espacial es decir, la distribución de sales puede ser uniforme o irregular. En el caso de la variabilidad temporal, la salinidad no es estática ya que varía con el tiempo acorde a factores climáticos y diversos eventos. La técnica más precisa es el extracto de saturación el cual consiste medir la conductividad eléctrica partiendo de una muestra al cual se añade agua desionizada hasta conseguir la pasta saturada. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos establece un umbral de 4 dS/m para diferenciar los tipos de suelos, los cuales están clasificados en cuatro tipos:

- **Suelos normales:** Aquellos con una acumulación de sales de 4-8 dS/m.
- **Suelos salinos:** Un nivel moderado, es decir de 8-16 dS/m, este ya influye en la productividad de los cultivos.
- **Suelos sódicos:** Considerado fuerte, con valores de 16-32 dS/m.
- **Suelos salino sódicos:** Muy fuerte dado a que presenta valores superiores a 32 dS/m el cual es considerado uno de los peores suelos por el exceso de sales solubles y sodio intercambiable.

#### 1.10. Hurto de la puesta a tierra



Figura 1.20: Robo de conductor en poste de alumbrado público.

Daños en la infraestructura eléctrica, cortes de energía y accidentes son algunas de las consecuencias de los robos de cables eléctricos. Sucesos que se han reportado a nivel nacional en las unidades de distribución eléctrica, tal es el caso en:

### 1.10.1. Empresa Eléctrica Quito -EEQ

La EEQ reportó más de 250 casos, hasta septiembre de 2023, este número significa que la ciudad ha perdido al menos cuatro kilómetros de cables de cobre. La Empresa Eléctrica Quito [Expreso, 2023] señala que se han robado cables de bajo voltaje, conductores aéreos y subterráneos, acometidas de cámaras de transformación o pozos de revisión y otros. Esto ha traído afectaciones, como falta de servicio en los diferentes sectores y de acuerdo a estos reportes el número de robos de cables eléctricos ha crecido en el último trimestre de 2023.

### 1.10.2. Empresa Eléctrica Ambato - EEASA

Según reportes técnicos del personal de la empresa eléctrica, en diferentes sectores del centro y la periferia de la ciudad de Ambato, se ha detectado el hurto de cables de cobre de los sistemas eléctricos soterrados, lo que afecta a la continuidad de servicio eléctrico en viviendas e incluso en los sistemas de alumbrado público [EEASA, 2023].

El personal técnica de la EEASA manifiesta que existen dos formas de detectar estos hurtos: cuando las tapas de los pozos de revisión están fuera de su lugar o mediante las llamadas de alerta de los usuarios que se quedan sin servicio, por lo que proceden inmediatamente a la reposición respectiva, pero el perjuicio a la propiedad pública queda.

### 1.10.3. Corporación Nacional de Electricidad - CNEL EP

La Corporación ha solucionado 20 cortes de energía por el hurto de cables eléctricos subterráneos en Guayaquil desde enero hasta octubre del 2023. El centro de la ciudad es el sector más afectado.

De acuerdo a los reportes del área de Distribución, 13 robos de cables se han efectuado en el centro, uno en el norte, cuatro al sur, uno en el noroeste y, uno en la vía a Daule. En 2022, se reportó un total de 57 casos similares [Cnel-EP, 2022].

En este contexto, el área de redes eléctricas subterráneas de la Unidad de Negocio de Guayaquil, asegura que “las cuadrillas laboran 24/7 para solucionar en el menor tiempo este tipo de eventos. CNEL EP ante el incremento en estos casos de hurto ha optado por soldar las tapas de las cajas de registro, una vez solucionado el daño”. Estos hurtos afectan la calidad y continuidad en la prestación del servicio de energía ya que es una situación que se escapa de las labores habituales de mantenimiento y se deben incurrir en costos adicionales de reposición de materiales y tiempos de reinstalación. Además, pueden causar accidentes eléctricos, incluso la muerte de quien manipula las redes sin protección. Normalmente mientras se realizan las labores de reposición del material

robado, se efectúa simultáneamente la transferencia de carga; sin embargo, en ciertas ocasiones, la atención se demora por las condiciones climáticas, difícil accesibilidad a los sitios o por pocas garantías para llegar a sectores denominados “peligrosos”. La Corporación Nacional de Electricidad trabaja conjuntamente con las entidades control como la Policía Nacional para evitar estas malas prácticas y poder brindar el servicio de energía eléctrica de forma eficaz y continua.

### Empresa Eléctrica Regional Centro Sur - CENTROSUR



Figura 1.21: Notificación en la página oficial de la centrosur acerca del robo de material.

Tal como detalla la [Centrosur, 2021], en su red social reporta incidentes por el hurto de cables, esta mala práctica ha dejado a muchos sectores y en repetidas ocasiones sin servicio eléctrico. Según comunicados de esta unidad de distribución, el hurto de cables de cobre de la red subterránea afecta a la prestación del servicio eléctrico y por consecuencia perjudica a la ciudadanía, por ello, ha empezado una campaña para coordinar trabajo con la ciudadanía y motivar a que estos hurtos sean reportados a la brevedad posible y brindar el soporte para la reposición inmediata del material sustraído, garantizando de esta forma la continuidad del servicio eléctrico. A pesar de esto, no ha publicado una estadística al respecto de la incidencia del hurto de cables.

En la sección Anexos de B. 1, B. 2, B. 3, B. 4 Y B. 5 se encuentran las publicaciones realizadas por parte de las empresas eléctricas o de periódicos referentes al hurto.

## Capítulo 2

# Puesta a tierra en proyecto especial: Salinidad y Hurto

### 2.1. Afectación de la corrosión en la resistividad

El suelo está compuesto por diferentes elementos y según sean las condiciones del ambiente, este puede ser clasificado desde arenoso, limos, suelos francos y arcilloso, por lo que no se puede atribuir un valor específico de resistividad. Presenta una conductancia específica, es decir, con la capacidad de conducir corriente eléctrica. La salinidad no muestra afectaciones en la resistividad del suelo, pero si en estructuras enterradas, por lo que a continuación se presentan los factores que lo ocasionan:

#### 1. Aireación:

Según Lora [2010], la aireación juega un papel fundamental en el proceso de corrosión de metales, debido a que se encuentra determinada por la cantidad de oxígeno y humedad que entra en contacto con el metal. Al actuar el oxígeno sobre el metal, forma una capa protectora de óxidos, hidróxidos y sales que reduce la corrosión, por el contrario, si se elimina esto permitirá que continúe la corrosión por todo el metal. Un suelo bien aireado fomenta la disminución de corrosión al evitar la retención de humedad en su superficie.

#### 2. Contenido de humedad:

La presencia de humedad en el suelo depende tanto de la porosidad del terreno como a las condiciones climáticas [Lora, 2010]. Esto forma una capa de agua sobre el metal donde el oxígeno procedente del ambiente tendrá que propagarse, lo que da forma a 3 situaciones:

- En suelos muy húmedos: Se encuentra bajo control catódico por el proceso que debe realizar el oxígeno para disolverse y poder penetrar el agua mientras que la reacción anódica se despolariza.

## CAPÍTULO 2. PUESTA A TIERRA EN PROYECTO ESPECIAL: SALINIDAD Y HURTO29

- En suelos muy secos: Existe una alta resistencia (control anódico) debido a que no existe capa húmeda protectora, lo que ocasiona una mínima corrosión en el metal.
- Suelos con niveles intermedios de humedad: Son considerados ya terrenos agresivos por la presencia de iones que pueden disminuir notablemente la resistividad del suelo.

Una humedad superior al 20% resulta nocivo para el material, ya que se produce una corrosión uniforme, es decir de manera homogénea por todo el metal lo que ocasiona un deterioro completo. Cuando la humedad es menor al 20% se ocasiona corrosión por picadura, es decir, afectación de la capa protectora de óxido de la superficie ocasionando pérdida de electrones en el metal intacto.

### 3. Contenido de iones:

Tal como explica [Idrovo Naranjo, 2001], la conductividad del suelo es de naturaleza electrolítica, esta se da por el paso de corriente a través del electrolito formado por las sales y el agua presentes en el área de medición. La resistencia del suelo disminuye al existir mayor concentración de sales lo que lo vuelve un mejor conductor. A pesar de esto, existen iones que ocasionan un impacto opuesto como son los de calcio y magnesio que producen carbonatos insolubles que, al ubicarse en la superficie del material, disminuyen el proceso de corrosión.

En la siguiente tabla se puede visualizar el grado de corrosión que se encuentra relacionado a la concentración de aniones como son: el cloruro y el sulfato.

Concentración (ppm)	Grado de corrosividad
<b>Cloruro</b>	
>5000	Severo
1500-5000	Considerable
500-1500	Corrosivo
<500	Leve
<b>Sulfato</b>	
>10000	Severo
1500-10000	Considerable
150-1500	Corrosivo
<150	Leve

Tabla 2.1: Relación de concentración al grado de corrosividad.

### 4. pH:

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad de una solución o elemento, por ejemplo, tierra con presencia de elementos orgánicos o

CAPÍTULO 2. PUESTA A TIERRA EN PROYECTO ESPECIAL: SALINIDAD Y HURTO30

incluso suelos con presencia de dióxido de carbono tienden a ser ácidos. La corrosión se hace presente en aquellos que muestran niveles de pH menores a 4. Los suelos normalmente son de tipo alcalino con lo cual no suelen ser muy agresivos para los diversos elementos sin embargo, al superar los niveles de pH de 9 se produce la corrosión alcalina en los metales anfóteros lo que ocasiona que se disuelvan formando aniones solubles. Se considera anfótera a aquel que puede reaccionar como un ácido o como una base, algunos ejemplos son el zinc, estaño, plomo y aluminio.

Al final se muestra una tabla con la clasificación del comportamiento del metal ante el pH en el suelo.

pH	Medio	Comportamiento
<4.0	Fuertemente ácido	
4.0 - 4.5	Muy ácido	Muy agresivo
4.5 - 5.0	Ácido	
5.0 - 6.0	Moderadamente ácido	
6.0 - 6.5	Ligeramente ácido	Agresivo
6.5 - 7.5	Neutro	
7.5 - 8.5	Ligeramente alcalino	No agresivo
>8.5	Muy alcalino	Condicionado

Tabla 2.2: Comportamiento del metal ante el pH del suelo.

Recopilando la información explicada, se puede llegar a incluir las 3 curvas en una tabla con el que se puede dar un mejor entendimiento a lo detallado, donde:

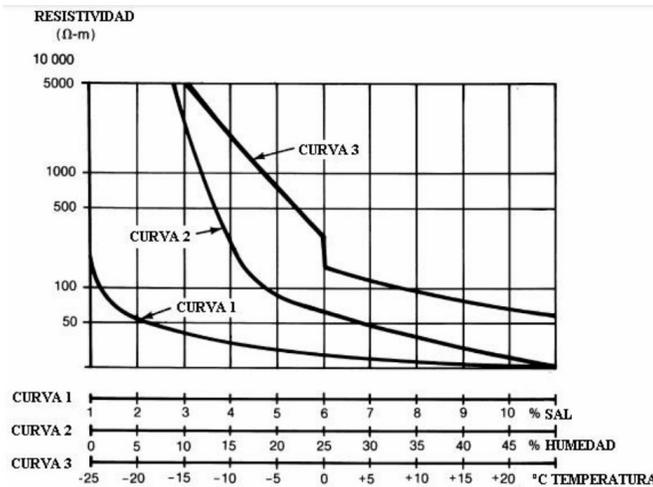


Figura 2.1: Variación de resistividad ante diversos factores.

Se puede observar en la curva 2 que la resistividad en un suelo sube abruptamente al encontrarse con porcentaje de humedad inferior al 15 por ciento.

En el caso de la temperatura (curva 3), su efecto en la resistividad es insignificante cuando se encuentra por encima de 0°, por el contrario, cuando el suelo comienza a congelarse la resistividad presenta un incremento notable.

En la curva 1 se puede observar que a menor porcentaje de sal en el suelo la resistividad aumenta ligeramente a diferencia de lo que ocurre con la presencia de humedad y la variación de temperatura.

## 2.2. Índices de hurto de elementos del sistema de puesta a tierra

El robo de materiales eléctricos por día se ha cuadruplicado en lo que va del último trimestre de 2023 [Telégrafo, 2023]. Se roban cables de bajo voltaje, conductores aéreos y subterráneos, acometidas de cámaras de transformación, entre otros. Esto trae consigo afectaciones al servicio eléctrico en diversos sectores. Hasta septiembre de 2023, en Quito se han reportado más de 250 casos [Expreso, 2023].

### 2.2.1. Análisis de campo

De acuerdo a la Figura 2.2 se visitaron 30 puntos a lo largo de la península de Santa Elena, los mismo que presentan algunos problemas, sin embargo, es importante resaltar que la principal problemática no es la salinidad sino los altos niveles de hurto en los elementos pertenecientes al sistema de puesta a tierra.

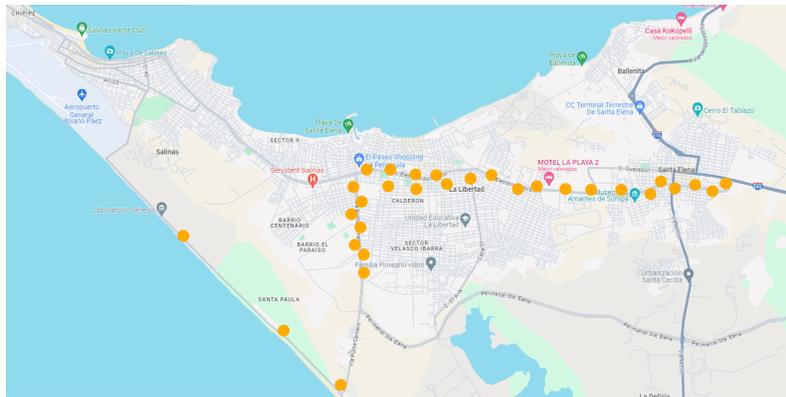


Figura 2.2: Mapa de la provincia de Santa Elena con los puntos de muestreo.

Se visita la Avenida Eleodoro Solorzano pasando a lo largo de la vía Punta

## CAPÍTULO 2. PUESTA A TIERRA EN PROYECTO ESPECIAL: SALINIDAD Y HURTO32

Carnero para tomar evidencia de las condiciones de operatividad del sistema de puesta a tierra, en efecto se pudo observar en la figura 2.3 la presencia de cortes transversales en las bajantes de la línea de distribución, cables de telecomunicación y fibras. Estas imágenes demuestran la realidad que vive no solo la ciudad de Santa Elena sino el país puesto que, deja sin medidas de seguridad que ocasionan gastos adicionales a la empresa eléctrica y pone en riesgo la vida y seguridad del personal técnico.



(a) Soterramiento



(b) Hurto

Figura 2.3: Casos encontrados en el cantón Santa Elena

Dejando claro que del muestreo total, el hurto representa más del 76% mientras que, el conductor soterrado representa la diferencia del 24% que deja en duda si el conductor se encuentra dentro del poste o ha sido extraído por otro medio.

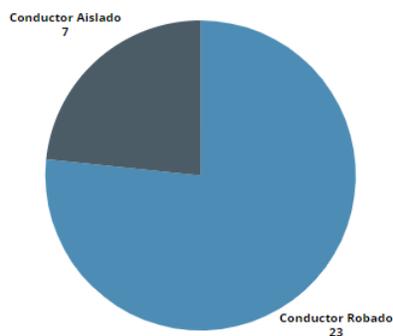


Figura 2.4: Datos recopilados en base a muestreo del cantón Santa Elena.

## 2.2.2. Elementos usualmente robados

### Conductor de puesta a tierra

Elemento utilizado para conectar el sistema puesto a tierra a un electrodo. Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra [Mora, 2010]. Está compuesto de cobre, el cual es uno de los mejores conductores de electricidad y de menor costo, además de un recubrimiento de termoplástico de policloruro de vinilo (PVC) el cual prevé su contacto al ambiente externo. La medida del conductor para el sistema de puesta a tierra es de # 2 AWG.

Este es el elemento mas robado del sistema debido a la facilidad de extracción, el retiro del conductor lo realizan por medio de herramientas básicas.



Figura 2.5: Cable eléctrico de cobre trenzado # 2 AWG.

### Varilla de cobre Copperweld

La varilla de cobre cuenta con dos tipos: la de baja camada (10 mm) empleado para ambientes no agresivos y la de alta camada (254 mm) usado para ambientes agresivos. Su principal diferencia es el grosor del recubrimiento electrolítico de cobre empleado lo cual le brinda resistencia ante ciertos agentes externos que deterioran su vida útil. El hurto de este elemento es poco común, dado a que la varilla se encuentra soterrada en su totalidad y para acceder a la misma es necesario dañar la capa de concreto ubicada en la parte superior.

Al ser un material con difícil acceso y con desgaste en su capa no resulta llamativo para ser vendido en el mercado informal.

## 2.2.3. Costo en el mercado informal

Tras eliminar el PVC externo del conductor de puesta a tierra, se obtiene el cobre desnudo que, en lugares como chatarrerías, tiene un valor de \$4.00 el Kg. Tomando en consideración que por cada Kg de cable se puede recibir \$2 dólares, y que una persona en situación de calle, le toma aproximadamente menos de 1 minuto extraerlo, es claro que se toma el hurto del conductor e como una manera de conseguir dinero de forma rápida y fácil.



Figura 2.6: Varilla copperweld de puesta a tierra.

El electrodo de puesta a tierra al ser acero inoxidable y solo contar con un recubrimiento de cobre, no puede ser derretido como es el caso del cobre, por lo que se suele vender como pieza completa para ser nuevamente utilizada como puesta a tierra. En donde dependiendo de las medidas un electrodo nuevo puede estar costando desde \$19.80-\$25.45 mientras que uno usado se encuentra a la mitad de este valor, con lo que la persona en situación de calle, esta recibiendo \$5 dólares por elemento el cual dado la complejidad de su extracción no le resulta muy rentable a menos que este se encuentre expuesto en vía.

## 2.3. Efectos en la red debido a problemas de referencia del neutro

Al momento de no contar con una instalación correcta de puesta a tierra puede originar la aparición de diferencias de potencial en la instalación lo que conlleva a poner en peligro al personal que manipule cualquier equipo e incluso afectación en la calidad del servicio eléctrico brindado.

La calidad de energía está basado en cuatro aspectos: frecuencia, amplitud, forma de onda y simetría, siendo las bases para la clasificación de voltajes y de disturbios en la forma de onda convencional del voltaje del sistema [Godínez Hernández, 2015]. El cumplimiento de las normas no solucionan los problemas pero si brindan una protección al sistema, en casos donde existen interrupciones de energía como las que se están viviendo actualmente en el país ocasionan transientes e interferencias en el flujo de energía que terminan afectando directamente a los equipos, tanto a los que forman parte de las líneas de distribución como al de los usuarios.

### 2.3.1. Disturbios producto de la calidad de energía

#### Voltaje Transitorio

Es un evento de corta duración menor a 0.5 ciclo que produce cambios repentinos en la amplitud de la onda de voltaje. Se recomienda que los rangos no excedan de 0.9 a 1.1 pu. Puede ser generado por factores como descargas

eléctricas atmosféricas, sobretensiones, fallas en el sistema y cambios de energía [Institute, 1982]. Esta puede ser dividida en dos categorías:

- **Bajo voltaje:** Se considera así a la disminución de voltaje rms en forma de onda para valores menores al 10% del valor nominal con tiempos de duración menores a 2 segundos y que ocurren en la frecuencia fundamental [Saucedo Martínez et al., 2008]. Producida al existir malas conexiones o caídas de voltaje en el sistema.

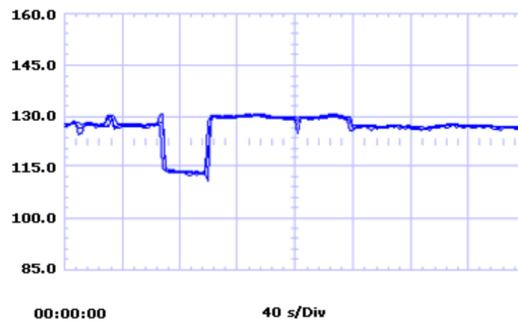


Figura 2.7: Bajo voltaje registrado en una sección de control.

- **Sobrevoltaje:** Llamado al aumento en el voltaje rms en la amplitud de onda ocurrida en la frecuencia fundamental para valores superiores al 10% del valor nominal. Ocasionadas por descargas atmosféricas o interrupciones de grandes cargas.

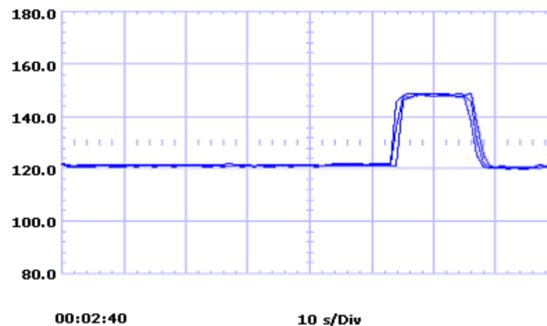


Figura 2.8: Sobrevoltaje registrado en una sección de control .

### Armónicos

Son señales senoidales múltiplos de la frecuencia fundamental que se suman a la señal produciendo deformación en la señal de salida de la onda senoidal original. Un límite especificado para los armónicos en las fuentes de energía es del 5% de distorsión armónica total y del 3% para cualquier otro armónico

[Godínez Hernández, 2015]. Esto produce problemas en el suministro de energía y en instalaciones como:

- **Sobrecarga en conductores neutro:** Produce pérdidas óhmicas, aumento en la temperatura del conductor, tensión neutro-tierra y ruido en modo común.
- **Sobrecalentamiento de transformadores:** Presenta pérdidas de un 10% a plena carga, ocasionando aumentos de temperatura de operación reduciendo de manera significativa su vida útil.
- **Calentamiento en condensadores de corrección de factor de potencia:** Los capacitores ofrecen una impedancia inferior a la frecuencia fundamental, produciendo calentamiento, resonancia y amplificación.
- **Ruidos eléctricos.**
- **Interferencias electromagnéticas (EMI):** Generado en equipos electrónicos y sistemas de comunicación.
- **Resonancia:** El aumento de corrientes y tensiones en equipos, lo que causará daños, interrupciones y desgastes [INIMTEC, 2023].

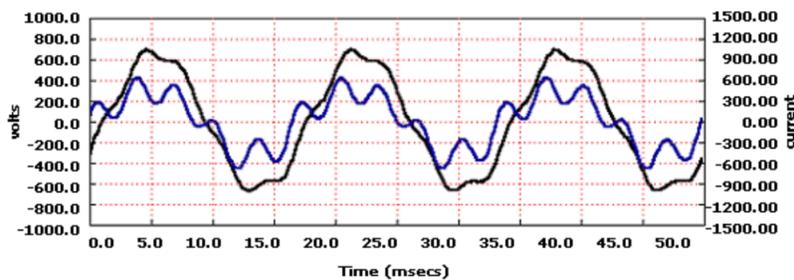


Figura 2.9: Deformación de onda de voltaje producto de las distorsiones.

### Ruidos de alta frecuencia

Es una señal eléctrica causada por operación normal de dispositivos eléctricos, cambios de carga, equipo de formación de arco. El ruido es un pulso repetitivo que se superpone a la onda senoidal de potencia que tienen un tiempo de duración menor a medio ciclo, debido a su forma también son llamados "puntas de conmutación"[Saucedo Martínez et al., 2008].

Posee un contenido espectral de ancho de banda menor a 200 KHz superpuesto en la señal de corriente o de voltaje. En el caso de voltaje existen dos tipos:

- **Modo normal:** Ocurre entre línea y línea o línea y neutro. Las perturbaciones en este modo son voltajes determinados en conductores que llevan corriente.

- **Modo común:** Ocurre entre línea y tierra o neutro y tierra. En este modo son voltajes medidos entre fase energizada y tierra o ambos casos.

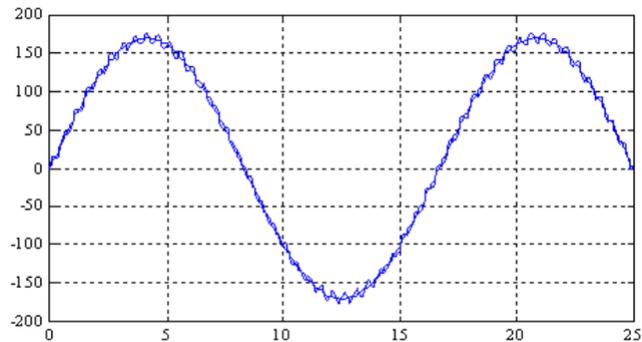


Figura 2.10: Señal con presencia de alta frecuencia.

### Factor de potencia

Es una medida de eficiencia que se emplea la energía eléctrica para producir un trabajo. Es la relación entre la potencia real, energía para realizar un trabajo y la potencia aparente, energía brindada a la carga [Godinez Hernandez, 2015]. El factor ideal es 1, significando que se emplea la totalidad de potencia para realizar el labor pero, en lo real este suele encontrarse entre 0 y 1.

Un bajo factor de potencia genera efectos como:

- **Mayores pérdidas en líneas:** Se considera pérdidas al momento que la energía eléctrica pasa a convertirse en calor, un bajo factor de potencia afecta a las pérdidas por inducción, debido a que la corriente reactiva es elevada lo que genera un campo magnético más fuerte.
- **Mayores costos para la empresa eléctrica:** La facturación a clientes se hace en base a la potencia aparente consumida, un bajo factor de potencia significa que la empresa necesita brindar más potencia aparente para suplir las necesidades lo que ocasiona elevación de costos.
- **Afectación en equipos:** Los equipos eléctricos necesitan trabajar más para poder compensar la potencia reactiva, conllevando a una reducción de la vida útil de los elementos y provocando daños prematuros por el sobre esfuerzo.

$$\cos\phi = \frac{P}{S} \quad (2.1)$$

La ecuación 2.1 del factor de potencia es obtenida de la relación entre la potencia activa y aparente observada en la figura 2.11 . Su valor depende de las propiedades y elementos empleados en el sistema y resulta fundamental su determinación en instalaciones que presentan una gran demanda de potencia eléctrica.

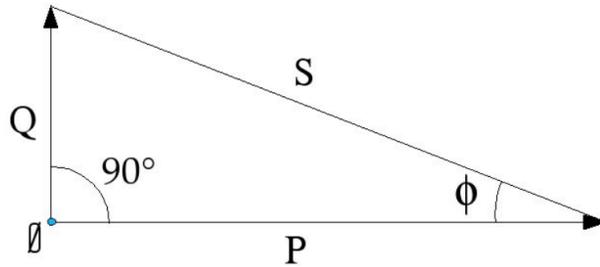


Figura 2.11: Triángulo de potencias.

### 2.3.2. Simulación del sistema de puesta a tierra sin referencia de neutro

Para realizar la simulación se hizo un sistema eléctrico de potencia el cual muestra un modelo de alta tensión trifásica alimentando a una carga RLC ante la presencia de una falla o sobrecarga.

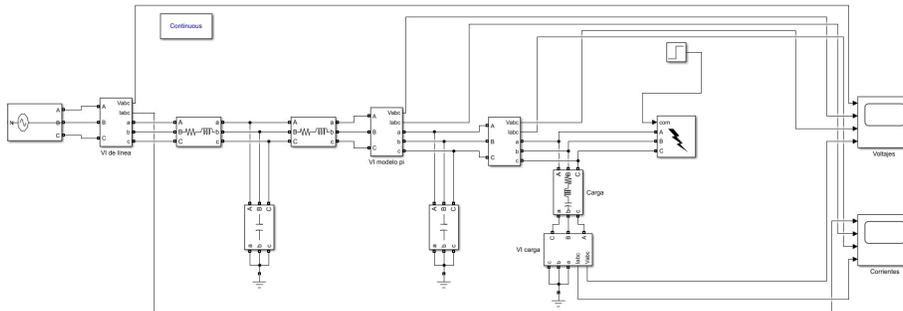


Figura 2.12: Simulación en MATLAB de un modelo PI

En la Figura 2.13 se muestran las gráficas de voltaje resultantes en orden secuencial donde, el primero es el voltaje del generador que entrega energía de manera balanceada. La segunda representa el voltaje de línea con un comportamiento normal pero, en el arranque hay un pico. De igual forma la tercera que es el modelo PI. Por último se tiene la caída de tensión en la puesta a tierra teniendo valores cercanos a 0 V.

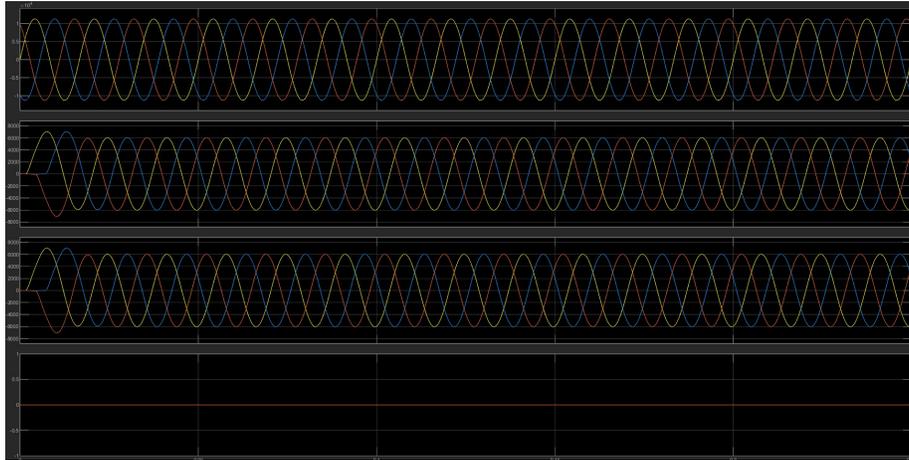


Figura 2.13: Gráficas de voltaje resultantes del sistema eléctrico.

En la Figura 2.14 se muestran las gráficas de corriente resultantes en orden secuencial donde, el primero es la corriente vista desde el generador. La segunda representa la corriente vista en la línea que presenta un pico al arranque del sistema y se estabiliza en un lapso corto. De igual manera la tercera representa la corriente de la carga trifásica y muestra valores más pequeños dado a la presencia de resistencia.

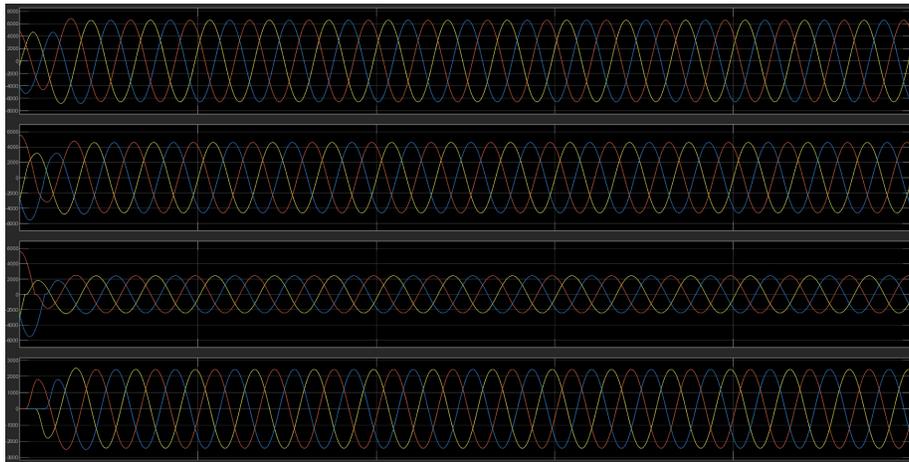


Figura 2.14: Gráficas de corriente resultantes del sistema eléctrico.

Por último se tiene a la corriente que fluye en la puesta a tierra y cumple su finalidad al tener valores superiores a la carga.

### **2.3.3. Limitaciones de la simulación en proyectos especiales de puesta a tierra**

Al ser programas que buscan determinar valores específicos del sistema omiten variables que a largo plazo resultan fundamentales para el entendimiento del proyecto, en este caso no se toma en consideración el % de humedad, % de sales en el suelo e incluso en variaciones de temperatura. Todo esto que, dependiendo del entorno resultan altamente nocivos para los equipos como es el caso de la vara copperweld empleada para la puesta a tierra que en caso de utilizar uno de baja camada, es decir de 10 micras, lo que se tendrá es un elemento con un tiempo de vida muy reducido consecuencia de la corrosión llegando a mantenerse en un menor tiempo de los 15 años. Sin embargo, si se emplea uno de alta camada; es decir 254 micras, la vara podrá durar 35 años pero, eso no asegurará un tiempo de conducción igual al que tendría inicialmente por las consideraciones previamente mencionadas.

En el caso del conductor usado como bajante en el poste de distribución, al ser un material con cobre, este llega a ser afectado de igual manera por la corrosión con lo que en un plazo muy corto presentará variaciones de resistencia que no pueden ser analizadas correctamente por algún programa específico, lo cual limita en gran medida los estudios a realizar.

## Capítulo 3

# Formulación del sistema de puesta a tierra para zonas críticas

### 3.1. Características del terreno en Santa Elena

#### 3.1.1. Unidad de Negocio (Distribuidora-Comercializadora)

El cantón Santa Elena está ubicada en la provincia con el mismo nombre y cuenta con un territorio de 3.690 km<sup>2</sup>, donde habitan 385.735 habitantes. Esta se encuentra limitada:

- **Norte:** La provincia de Manabí.
- **Sur y Oeste:** El océano Pacífico.
- **Este:** La provincia del Guayas.



Figura 3.1: Provincia de Santa Elena.

### CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA ZONAS CRÍTICAS42

La unidad de distribución CNEL EP a través de su Unidad de Negocios de Santa Elena, es la encargada de brindar el servicio a la península e inclusive a la parte sur de Manabí a lo largo de la ruta del Spondylus, y a los cantones de Playas, las parroquias Progreso, Posorjam Chongón y El Morro, dando cobertura dando cobertura a más de 135.959 clientes en sus 6.487,26 Km<sup>2</sup>, teniendo una cobertura del 94.88 %. [CNEL, 2018]

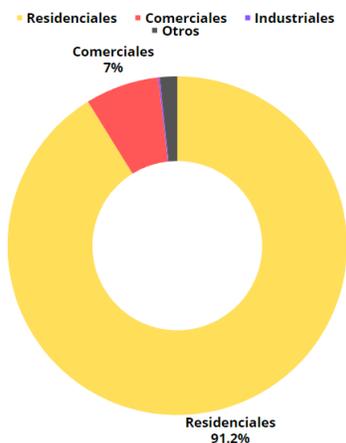


Figura 3.2: Clientes facturados en el año 2022 por CNEL STE

Acorde a la Figura 3.2 se cuenta con 135.959 clientes facturados en el año 2022, donde su mayoría es residencial, siendo del 91.2%. Tomando en consideración este dato y en base a las políticas de inclusión social, la unidad de negocio cuenta con un total de 69.675 clientes con beneficios y descuentos.[CNEL, 2022]

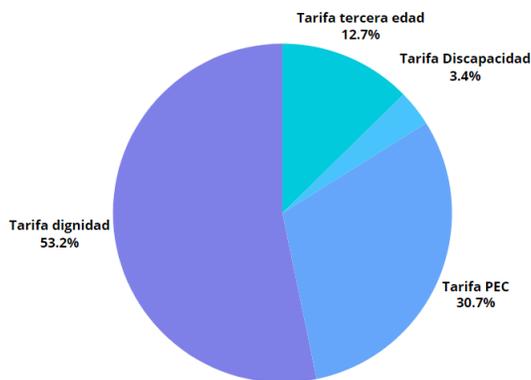


Figura 3.3: Clientes con tarifas especiales facturados en el año 2022 por CNEL STE

Los clientes residenciales que cuentan con subsidio por Tarifa Dignidad can-

### CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA ZONAS CRÍTICAS43

celan el 50% del valor del kWh por consumo de 1 a 130 kWh, representando un beneficio promedio mensual de USD \$2.21 por cliente [CNEL, 2022].

Aquellos que cuentan con subsidio de Tercera edad pagan el 50% del valor del kWh hasta los 138 kWh, teniendo un beneficio promedio mensual de USD \$4.97 por cliente [CNEL, 2022].

Los de subsidio de Tarifa Discapacidad pagan el 50% del valor del kWh y cuentan con un beneficio promedio mensual de USD \$13.98 por cliente [CNEL, 2022].

Por último, los que cuentan con subsidio de PEC o también conocido como Programa de Cocción Eficiente reciben un incentivo de USD \$0.09 / kWh, teniendo un beneficio promedio mensual de USD \$1.20 por cliente [CNEL, 2022].

#### 3.1.2. Clima

El cantón Santa Elena está dominado de una estepa local, que es un bioma con presencia de suelo seco producto de la poca precipitación que lo hace rico en minerales, en su mayoría la zona norte presenta biomas áridos que a medida que se aproxima a la costa se va dividiendo en zonas áridas, secas y semi húmedos de acuerdo con [INAMHI, 2013]. Producto de la escasa humedad y mala distribución de precipitaciones en el cantón, genera en consecuencia dificultades en las actividades agrícolas y desarrollo del territorio, ocasionando una necesidad en los habitantes de Santa Elena.

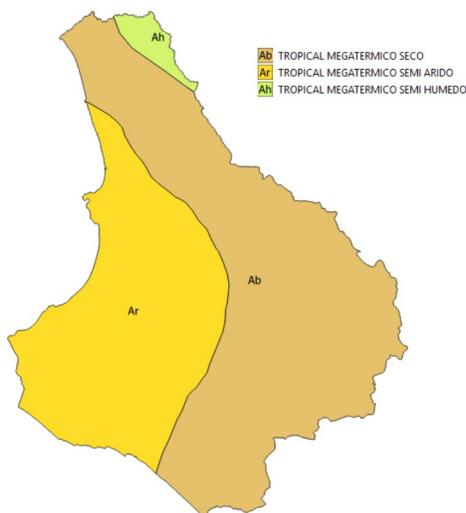


Figura 3.4: Climas tropicales megatérmicos de Santa Elena.

De acuerdo a [UPSE, 2020] se puede clasificar al cantón en tres zonas climáticas mayoritarias:

- Clima tropical Semi Húmedo (Ah) ubicado en una pequeña sección del norte que cuenta con una humedad relativa entre el 70-90 por ciento y que varía acorde a la estación en el año.

CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA ZONAS CRÍTICAS44

- Clima tropical Seco (Ab) sección que representa gran parte del cantón Santa Elena y humedad relativa inferior al 70 por ciento lo que ocasiona temperaturas elevadas y veranos muy secos.
- Clima tropical semi árido (Ar) correspondiente a la franja litoral Sur con una humedad relativa del 80 por ciento a lo largo del año.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.5	25.3	25.4	24.8	23.7	22.5	21.9	21.5	21.5	21.7	22.2	23.3
Temperatura mín. (°C)	23.1	23.8	23.9	23.4	22.5	21.3	20.7	20.2	20.1	20.4	20.8	21.8
Temperatura máx. (°C)	26.7	27.3	27.5	27	25.8	24.6	24.1	24	24.1	24.2	24.8	25.9
Precipitación (mm)	93	153	148	104	67	43	34	21	28	23	23	47
Humedad(%)	80%	81%	81%	82%	82%	83%	82%	81%	81%	80%	79%	80%
Días lluviosos (días)	9	13	13	11	9	7	6	4	5	4	3	5
Horas de sol (horas)	6.7	7.0	7.6	7.6	5.6	4.4	3.6	3.8	3.9	3.5	4.1	5.8

Data: 1991 - 2021 Temperatura mín. (°C), Temperatura máx. (°C), Precipitación (mm), Humedad, Días lluviosos. Data: 1999 - 2019: Horas de sol

Figura 3.5: Climas tropicales megatérmicos de Santa Elena.

En la tabla, según [CLIMATEDATA, 2023] y acorde a los datos recopilados hasta el año 2021, la temperatura en promedio anual varía entre 20.1° y 27.5°, esto sin tomar en consideración las consecuencias del fenómeno El Niño que presenta una acumulación de lluvias llegando a alcanzar los 2800 mm/año.

3.1.3. Suelo

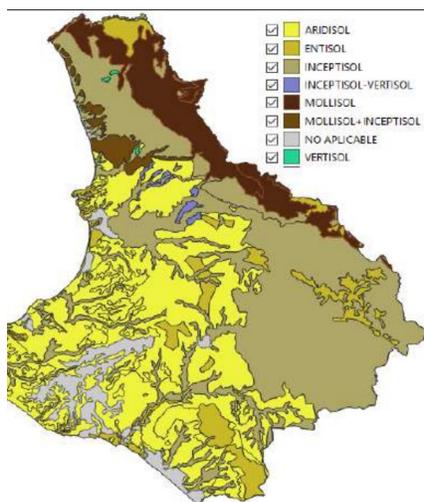


Figura 3.6: Mapas de suelo de Santa Elena.

### CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA ZONAS CRÍTICAS 45

Se muestra la distribución de suelo presente en la provincia de Santa Elena, esto acorde a su organización taxonómica del año 2006. Según [UPSE, 2020] presenta en su mayoría Aridisol e Inceptisol, estas conllevan a limitar el desarrollo de cultivo, producto de su alta presencia de sales lo que generan períodos secos de hasta 285 días debido a que existe un déficit hídrico de 820 mm/año, existe presencia de suelo erosionado producto de la degradación de materia orgánica y vegetación, lo que a su vez ocasiona niveles altos de sales en la superficie. Resulta posible la recuperación del suelo, siempre y cuando existan medidas de recuperación de territorio con forestación en lugares que cuenten con las condiciones para la captura de carbono edáfico y a su vez la protección de zonas de recarga natural del acuífero.

## 3.2. Alternativas para combatir la corrosión y hurto

### 3.2.1. Soterramiento de conductor

Alternativa que busca reducir la tasa de robos del conductor de cobre que consiste en la instalación del cable y fibra óptica de manera subterránea pasando por dentro del poste de distribución [CDDC, 2017], el cual cuenta una abertura en la parte inferior permitiendo su manipulación para permitir la unión a la varilla de puesta a tierra. Es necesario el reforzamiento con trabajo de soldadura en las tapas de los postes metálicos con el fin de evitar su extracción. Este procedimiento solo puede ser realizado en proyecto donde se empiece desde cero en la instalación de postes de hormigón y conductor o en postes metálicos con presencia de tapa para manipulación debido a la dificultad del proceso y tiempo requerido. La medida frena el hurto más no la corrosión que podría sufrir los elementos.

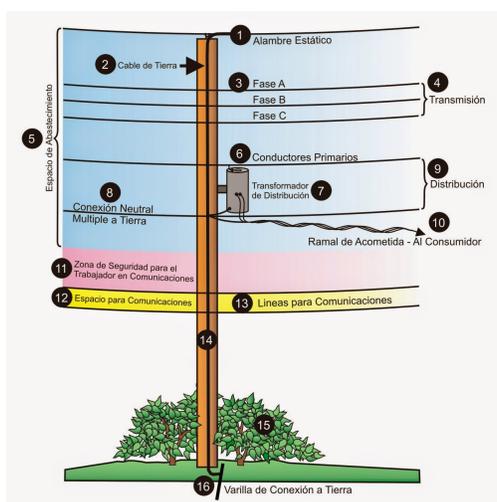


Figura 3.7: Conductor soterrado en poste de distribución

### 3.2.2. Electrodo compacto de grafito

Es un electrodo que cuenta con propiedades indicadas para zonas con niveles elevados de corrosión, o en zonas con condiciones extremas de temperatura. Gracias a que está fabricado con grafito de alta pureza, además cuenta con terminaciones para soldadura exotérmica para ser utilizado como una alternativa a sistemas de puesta a tierra en entornos donde los materiales convencionales resultan afectados agresivamente.



Figura 3.8: Electrodo compacto de grafito.

### 3.2.3. Conduground

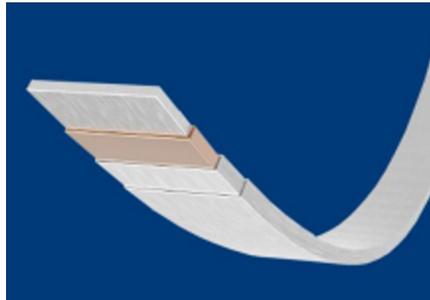


Figura 3.9: Conductor de puesta a tierra CONDUGROUND.

Es un conductor de puesta a tierra con características de conducción superior al conductor de cobre convencional debido a que es una aleación ternaria es decir de 3 elementos, la Aleación Cz9 está compuesto por: Zinc (95%), Cobre (95%), Estaño y con una capa de recubrimiento anticorrosivo, el cual brinda propiedades de protección ante la presencia de salinidad en la tierra o en el ambiente. Presenta ventajas como son:

- **Maleabilidad:** Debido a sus compuesto y forma ancha puede ser manipulado y doblado a voluntad del instalador.
- **Resistencia a corrosión:** Recubrimiento anticorrosivo y compatible para conectarse a cobre y/o aluminio.
- **Mejor rendimiento:** Al ser mas ancho, presenta mayor zona de contacto a tierra lo que reduce la longitud de contratenas del sistema de tierra.
- **Costo:** Compuestos que disminuyen su costo en comparación al conductor de cobre convencional.
- **Antihurto:** Al ser una aleación de diversos metales, se dificulta la extracción del cobre por medio de la fundición en horno tradicional.
- **Ambientalmente seguro:** No contiene plomo. Además, es 100% reciclable debido los componentes que lo conforman.
- **Soldable exotérmicamente:** Permite la unión entre cualquier conductor, estructura o pieza metálica debido a su propiedad de soldar exotérmicamente con Conduweld.

### 3.3. Campaña de comunicación

Tras haberse definido que se trabajará con el conductor CONDUGROUND debido a que resulta una solución a corto plazo, con menor inversión y de más efectiva acción ante los niveles de hurto que se vive el material, se brindará una campaña de comunicación.

Con el fin de poder emplear la solución más factible es necesario dar a conocer su diseño y características para así evitar posibles robos o daños a futuro, que a pesar que el producto es brindado con este propósito, se busca generar concientización en la ciudadanía proporcionan respaldo al conductor. Es necesario debido a que:

- **Sin valor lucrativo:** Al ser compuesto por una aleación de diversos metales resulta más costoso el separarlo y por ende no resulta beneficioso su reventa en el mercado informal.
- **Ser rastreable:** El producto cuenta con marcas de número de lote, clave o incluso nombre del lugar donde fue inicialmente instalado por lo que, en caso de ser encontrado instalado ya sea por otro contratista o vendido por una recicladora podrían presentar problemas legales.
- **Reducción en la calidad de energía:** Al igual a lo que ocurre con los apagones, donde el retorno de eenergía llega con voltajes transitorios, armónicos y ruidos que al no poder ser disipados a tierra gracias al conductor, termina afectando a equipos y elementos del sector con lo que a la larga implicará en el acortamiento de vida útil de electrodomésticos y el reemplazo de componentes.

### CAPÍTULO 3. FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA ZONAS CRÍTICAS<sup>48</sup>

- **Disminución en cortes de energía:** Al momento de no contar con conductores y ocurriese una falla, pueden existir zonas que presentarán cortes de energía, dejándolos sin abastecimiento por horas hasta que la empresa eléctrica pueda reponer y arreglar.

La campaña es una necesidad que busca el beneficio de todo residente y personal perteneciente a la empresa eléctrica, por lo cual como medidas a tomar se puede considerar en:

1. **Comunicado por redes sociales:** Brindar información a través de redes sociales o en páginas web de propiedad de la empresa eléctrica para dar alcance a más usuarios residentes de diversas zonas.
2. **Difusión por medios televisivos:** El consumo televisivo de todo tipo de usuario y de diferentes edades, brinda la posibilidad de llegar con un mensaje claro y preciso a aquellos que no cuenten con redes sociales.
3. **Señalización como aviso:** Colocación de una placa en el lugar de implementación con la frase "SIN VALOR COMERCIAL" como precaución que este no podrá ser vendido fácilmente.
4. **Marca en conductor:** Adicional al punto anterior, existen fabricantes que hacen elementos personalizados, con lo que al pedir a la fábrica la colocación de la marca de la empresa que instaló este conductor e incluso el sector donde son instalados, con ese mecanismo se busca dar respaldo al material para que pueda ser rastreado, ya sea por las empresas que lo vendan o los contratistas que lo adquieran.

## Capítulo 4

# Evaluación técnica-económica

### 4.1. Evaluación técnica

Este proyecto está contemplado en 2 etapas, teniendo como primera el reemplazo del conductor de cobre convencional al conductor CONDUGROUND, usando este último como una solución ante el hurto del material y a su vez con cualidades anticorrosivas. La segunda etapa consiste en la instalación del electrodo compacto de rafto, dado los plazos de avance del proyecto solo se puede analizar el avance de la primera etapa, datos que serán mostrados en este capítulo.

A continuación mostramos las especificaciones técnicas de la propuesta de conductor de puesta a tierra y análisis de precios unitarios con el fin de sugerir las características de esta solución como Regulación vigente en la unidad de propiedad emitidas por el MEM.

En la sección de Anexos A. 4 y A. 5, encontrará las tablas comparativas de corriente de corto circuito a 8 ciclos y el rendimiento conduground y el cobre.

#### 4.1.1. Especificaciones técnicas

Tabla 4.1: Especificaciones técnicas de conductor de puesta a tierra CONDUGROUND.

Especificaciones técnicas		
ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
1	Conductor	Aleación CZ9 + CU + SN
2	Recubrimiento electrolítico	Cobre / Estaño
3	Sellado	Anticorrosivo
4	Calibre	Para Sistemas de tierra: 1 ½" Bajante en poste de distribución: 7/16" Hilo Neutro Subterráneo: 1"

Especificaciones técnicas 4.1		
ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
5	Espesor	0.06"
6	Capacidad	Conectarse a conectores mecánicos / Ponchables / Soldadura exotérmica
7	Cuenta con	Químico Intensificador para resistividad
8	Resistencia eléctrica	3.4 Ohm.cm
9	Resistencia mecánica	14.04 Kg/cm <sup>2</sup>
10	Corriente rcm de cc a 8 ciclos	Para 7/16": 10 kA Para 3/4": 18 kA Para 1": 25 kA Para 1 1/2": 39 kA
11	Unión a poste	Soldable exotérmica sin grapa
12	Marca	Con logotipo de cliente
13	Certificación	UL-46
Final de la tabla		

#### 4.1.2. Normas aplicadas

##### ASTM B499

La normativa establece un método para determinar el espesor de los revestimientos no magnéticos en metales con base magnética. Emplea la atracción mediante un imán y el metal base, o el cambio en la densidad de flujo magnético dentro de la sonda. El instrumento solo mide el espesor acumulativo de todas las capas entre la sonda y el metal base.

Se aceptarán como estándar en unidades SI. Esta norma no cubre problemas de seguridad, es responsabilidad del usuario establecer medidas de protección, salud y determinar las restricciones reglamentarias [International, 2023b].

##### ASTM B571

Establece un método para evaluar la calidad de los revestimientos metálicos. Es fundamental para el control de la producción y aprobación de productos. Emplea una serie de pruebas para medir la fuerza requerida para la separación del revestimiento del sustrato. Entre estos se encuentran:

- **Prueba de tracción:** Determinación de la fuerza requerida para estirar el revestimiento.
- **Prueba de cizallamiento:** Determinación de la fuerza requerida para cortar el revestimiento.
- **Prueba de pelado:** Determinación de la fuerza requerida para despegar el revestimiento.

- **Prueba de impacto:** Determinación de la fuerza requerida para romper el revestimiento.

El método dependerá de los requisitos específicos del ensayo y de las características del revestimiento y sustrato [International, 2023a].

#### UL 467

Normativa establecida como requisitos de seguridad de puesta a tierra y de enlaces para uso de acuerdo al Código Eléctrico Canadiense, Código Eléctrico Nacional, NFPA 70 y la Norma para Instalaciones Eléctricas, NOM-001-SEDE [Laboratories, 2022].

Es aplicada para los siguientes equipos:

- Abrazadera de puesta a tierra, dispositivos de enlace, boquillas de puesta a tierra, electrodos y similares.
- Equipos para realizar conexiones eléctricas.
- Conductores de puesta a tierra, partes metálicas no conductoras de corriente de los equipos eléctricos, canalizaciones metálicas y similares.
- Terminaciones de conexión entre sistemas para conectar conductores de conexión de sistemas y de puesta a tierra de otros sistemas.

## 4.2. Pruebas de campo

En este caso se darán los resultados obtenidos a lo largo de 8 semanas y con medición en 3 días diferentes por lo cual se busca analizar la factibilidad del conductor como también de corroborar los resultados obtenidos y estimados.

El trabajo fue realizada en conjunto con la empresa privada IELCO, quien brinda este proyecto como una propuesta ante la problemática que lleva CNEL EP, en este caso en las unidades de negocio de Santa Elena y Guayaquil.

### 4.2.1. Guayaquil

Realizada en la parroquia Tarqui, ciudadela FAE en la calle General Raul Cousin y 6a Pasaje 1, en el poste con código P017881 que es alimentado por la subestación Atarazana-Atarazana 3, perteneciente a CNELEP-Guayaquil. Fue seleccionado debido a que esta zona presenta un pico de robos de material eléctrico, especialmente del conductor desnudo de cobre #2 AWG empleado como bajante en los postes de distribución.

Con fecha 27 de Octubre del 2023, se instaló conductor bajante tipo conduground para puesta a tierra de un transformador de distribución con conexión de tierra al neutro del sistema de baja tensión y que no presentaba varilla. Tal como se observa en la Figura 4.2a el valor de resistencia previo al cambio de conductor era de 0.08  $\Omega$ . Ya con el nuevo conductor y colocado correctamente la



(a) Ubicación

(11 de 11)	
Poste: P017881	
Alimentador	S/E ATARAZANA - ATARAZANA 3
Código de Poste	P017881
Proyecto Const	
Financiamiento	CNEL-GYE-AJ-01-036-2023
Código Empresa	CNELEP-GUAYAQUIL
Provincia	GUAYAS
Cantón	GUAYAQUIL
Parroquia	TARQUI
Subtipo	Poste Hormigon
Propiedad	CNELEP-GUAYAQUIL
Cimiento	Fundido Hormigon
Código	PHC11 500
	<a href="#">Acercar a</a>

(b) Información Poste

Figura 4.1: Zona de colocación de conductor

puesta a tierra cuenta con un valor de resistencia de  $3.36 \Omega$  tal como se observa en la 4.2b.



(a) Resistencia previo al reemplazo.



(b) Resistencia posterior al reemplazo

Figura 4.2: Mediciones de resistencia de conductor en FAE

Con fecha 17 de Noviembre del 2023, La empresa privada IELCO S.A. dando seguimiento a su propuesta, realizó la visita del proyecto y volvió a sacar medición obteniendo un valor de resistencia de  $3.23 \Omega$ . demostrando una disminución de 3.87 % en comparación a la primera medición realizada previamente. Pudiendo darse esta variación a consecuencia de la calibración del equipo empleado. Sin embargo este valor se sigue encontrando en el rango aceptable de resistencia.

Con fecha 15 de Diciembre del 2023, se hace la visita a la obra volviendo a realizar la medición de la resistencia mediante el uso de FLUKE 1630 Earth

Ground Clamp donde se obtiene un valor de  $3.51 \Omega$ . Mostrando que el valor de resistencia se mantiene en zonas con nula presencia de salinidad a lo largo de 2 meses y en el rango permitido para este tipo de proyectos.

#### 4.2.2. Santa Elena

##### Vía Punta Carnero y Av 53 ava

Colocado en el poste con código 16049593 el cual es alimentado por la sub-estación San Vicente- Mar Bravo, perteneciente a CNELEP - Santa Elena. Fue seleccionado por su cercanía a barrios de escasos recursos donde el hurto de conductor es elevado en comparación a un sector céntrico.



(a) Ubicación en vía



(b) Poste utilizado

Figura 4.3: Zona de colocación de conductor en Vía Punta Carnero

Con fecha 28 de Octubre del 2023, se hace la instalación del conductor CONDUGROUND al transformador y varilla existentes. La unión a la varilla cop-perweld no fue realizada con suelda exotérmica sino unido mediante una visagra, teniendo un valor de resistencia de  $3.27 \Omega$ .

Con fecha 15 de Diciembre del 2023, se vuelve a comprobar el conductor colocado, en efecto se observan ligeros rastros de oxidación en la base cercana a la varilla, siendo esto producto de la manipulación del elemento, afectando la capa protectora anticorrosiva. Aunque esto no afecta su rendimiento si muestra una condición esperada del producto. Al momento de determinar la resistencia de la bajante de puesta a tierra se obtiene valores de  $0 \Omega$ , verificado y corroborado que este resultado es producto a una desconexión del conductor y que no ha sido corregido ni atendido por la empresa que realizó la instalación.



(a) Medición en sitio



(b) Conductor con oxidación

Figura 4.4: Detalles observados en conductor en Vía Punta Carnero

#### Avenida Punta Carnero

Colocado en el poste con código 16001866 el cual es alimentado por la sub-estación Carolina - Carolina, perteneciente a CNELEP - Santa Elena. Fue seleccionado por su ubicación estratégica frente al mar bravo y al ser una zona desolada consecuencia de encontrarse en un sector industrial.



(a) Ubicación en Avenida



(b) Poste empleado

Figura 4.5: Zona de colocación de conductor en Avenida Punta Carnero

Con fecha 28 de Octubre del 2023, se hace la instalación del conductor CONDUGROUND al transformador y varilla existente. En este poste previamente no existía conductor por los índices de hurto presentes en la zona, la unión a la

varilla fue realizada mediante una visagra, dando un valor de resistencia de 3.37  $\Omega$ .

Con fecha 12 de Noviembre del 2023, se observa que el conductor ha sufrido un intento de hurto, el cable no fue cortado sino separado del punto de tierra del control del reconectador y al ver que estaba hecho en un material de aleación fue dejado expuesto, sin retirarlo de la varilla de puesta a tierra. Se procedió con la corrección respectiva para volver a colocar el conductor y dejarlo operativo.



(a) Conductor manipulado



(b) Conductor desconectado

Figura 4.6: Intento fallido de hurto del conductor Conduground

Con fecha 15 de Diciembre del 2023, al llegar al sitio de implementación del proyecto se evidencia que el conductor fue completamente robado, de igual manera que en el incidente previo, fue separado del punto de tierra en el extremo superior, también se observa que el conductor fue extraído junto a la varilla, demostrando que la zona al ser tan desolada se convierte en blanco fácil de la delincuencia. La finalidad del producto (Conduground) es brindar un conductor que no tendrá valor comercial, puesto que no se podrá extraer material para reventa en el mercado informal, que es lo que sucede actualmente con el cobre, el Conduground al ser un conductor compuesto de una aleación CZ9 dificulta el proceso de extracción de cobre que es el material por el cuál se presenta el alto índice de hurto.

Con el objetivo de evitar su hurto en situaciones futuras, es necesario dar a conocer el producto en el mercado con eso se evitará este accionar que no genera ningún beneficio a quien se lo sustrae.



(a) Poste sin conductor



(b) Poste sin varilla

Figura 4.7: Poste sin presencia del conductor Conduground

La funcionalidad de un producto y sus resultados llegan a ser vistos al momento de ponerlos a prueba, el robo de este material solo srepresenta la gravedad de la situación que se vive, no solo en Santa Elena sino en el país entero, donde el hurto del conductor se ha vuelto tan cotidiano que las empresas eléctricas no pueden manejar las severas consecuencias que trae la eliminación de puesta a tierra puesto, razón por la cual se sugiere la implementación de esta solución como opción para combatir el acto delincencial para promover el ahorro del presupuesto dedicado a cubrir esto hechos recurrentes.

En la sección de Anexos B. 7, B. 8, B. 9 y B. 10, se encuentran capturas tomadas en campo donde se pudo contrastar la situación que se vive en la península.

### 4.3. Evaluación económica

#### 4.3.1. Análisis de precio unitario

Precio unitario de puesta a tierra habitual en red secundaria preensamblada, colocando bajante de manera externa

Tabla 4.2: Análisis de precio unitario de puesta a tierra convencional en red secundaria preensamblada con bajante externa.

Precio unitario para conductor de cobre desnudo #2 AWC					
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO

	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor	1.00				4.95
<b>SUBTOTAL M</b>					4.95
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNADA/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Ingeniero eléctrico	0.10	4.56	0.46	0.70	0.32
Ayudante de electricista	1.00	4.05	4.05	0.70	2.84
Linero / Subestación	1.00	4.55	4.55	0.70	3.19
<b>SUBTOTAL N</b>					6.35
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Cable de cobre desnudo #2 AWG	m	15.00	4.79	71.78	
Suelda exotérmica 90 gr	u	1.00	4.18	4.18	
Varilla copperweld de 16x1.800 mm	u	1.00	11.80	11.80	
Conectores doble dentado DP7	u	1.00	3.30	3.30	
Abrazadera	u	3.00	5.57	16.71	
<b>SUBTOTAL O</b>					115.77
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Transporte material				1.00	
<b>SUBTOTAL P</b>					1.00
<b>Total costo directo</b>					122.07
<b>Otros Indirectos %</b>					
<b>Costo Total del Rubro</b>					122.07
<b>Valor Ofertado</b>					<b>\$122.07</b>

Precio unitario de puesta a tierra habitual en red secundaria preensamblada, soterrando bajante

Tabla 4.3: Análisis de precio unitario de puesta a tierra convencional en red secundaria preensamblada soterrando bajante.

Precio unitario para conductor de cobre desnudo #2 AWG					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor	1.00				4.95
<b>SUBTOTAL M</b>					4.95
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNADA/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Ingeniero eléctrico	0.10	4.56	0.46	0.70	0.32
Ayudante de electricista	1.00	4.05	4.05	0.70	2.84
Linero / Subestación	1.00	4.55	4.55	0.70	3.19
<b>SUBTOTAL N</b>					6.35
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	

Cable de cobre desnudo #2 AWG	m	15.00	4.79	71.78
Suelda exotérmica 90 gr	u	1.00	4.18	4.18
Varilla copperweld de 16x1.800 mm	u	1.00	11.80	11.80
Conectores doble dentado DP7	u	1.00	3.30	3.30
<b>SUBTOTAL O</b>				99.06
<b>TRANSPORTE</b>				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
Transporte material	u			1.00
Transporte para colocar poste	u			30.00
<b>SUBTOTAL P</b>				31.00
<b>Total costo directo</b>				135.36
<b>Otros Indirectos %</b>				
<b>Costo Total del Rubro</b>				135.36
<b>Valor Ofertado</b>				<b>\$135.36</b>

#### Precio unitario de puesta a tierra con conductor conduground en red secundaria preensamblada de manera externa

Tabla 4.4: Análisis de precio unitario de puesta a tierra con CONDUGROUND en red secundaria preensamblada.

Precio unitario para conductor CONDUGROUND 7/16					
<b>EQUIPOS</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor	1.00				4.95
<b>SUBTOTAL M</b>					4.95
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNADA/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Ingeniero eléctrico	0.10	4.56	0.46	0.70	0.32
Ayudante de electricista	1.00	4.05	4.05	0.70	2.84
Liniero / Subestación	1.00	4.55	4.55	0.70	3.19
<b>SUBTOTAL N</b>					6.35
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Conductor CONDUGROUND 7/16	m	15.00	5.00	75.00	
Suelda exotérmica 90 gr	u	1.00	4.18	4.18	
Varilla copperweld de 16x1.800 mm	u	1.00	11.80	11.80	
Conectores doble dentado DP7	u	1.00	3.30	3.30	
Anclaje químico HILTI resina	u	6	5.58	33.48	
<b>SUBTOTAL O</b>					127.76
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C=A*B	

Transporte material	1.00
SUBTOTAL P	1.00
<b>Total costo directo</b>	140.06
Otros Indirectos %	
<b>Costo Total del Rubro</b>	140.06
<b>Valor Ofertado</b>	<b>\$140.06</b>

### 4.3.2. Indicadores de factibilidad económica

#### DATOS PREVIOS

Es necesario tomar en consideración las siguientes indicaciones en base a la información recolectada en campo en donde:

#### Para conductor de cobre colocado de manera externa en poste:

1. Ocasiones de hurto del conductor: 1 vez/año.
2. De 30 conductores puestos, 23 fueron robados, es decir: 76.7%.

#### Para conductor CONDUGROUND colocado de manera externa en poste:

1. Ocasiones de hurto del conductor: 1 vez solo en el primer año.
2. De 3 conductores puestos 1 fue robado, pero para este análisis será considerado un valor del 20% debido a la forma de colocación del conductor junto al anclaje químico y su valor en el mercado.

#### Para conductor de cobre soterrado en poste:

1. Ocasiones de hurto del conductor: 1 vez/año en el primer año.
2. En caso de ser poste metálico, se debe tomar en consideración la rejilla en la parte inferior que al no ser correctamente sellada puede sufrir robos, siendo esto una probabilidad del: 60%.
3. En caso de ser poste de hormigón y realizada correctamente la obra no debe sufrir robo alguno debido a que se encuentra el conductor correctamente aislado en su interior, por lo que queda en: 0%.

#### Para todos los análisis:

1. Asumir que se vuelve a colocar varilla de puesta a tierra por cada robo.
2. Interes de descuento (k) del 6% debido a que es la tasa que maneja los multilaterales (BID, AFC, CAF) con Ecuador, las empresas eléctricas reciben su presupuesto para proyectos por parte del Estado.

3. Ganancia tangible anual por cada tipo de instalación, es la diferencia entre el ahorro generado por los elementos no robados y la inversión que le toca realizar por robo de material.
4. Ganancia tangible entre la instalación del conductor especial y cualquier otro tipo de instalación anual, es la diferencia entre la inversión realizada anual, siendo esto el ahorro generado a la empresa eléctrica.
5. Ganancia intangible, reputación por evitar mala calidad de energía que puede ocasionar afectaciones en equipos eléctricos.

De tal manera que quedaría como la Tabla 4.5:

Tabla 4.5: Comparativa de costos de puestas a tierra

	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL	% DE HURTO
Externo	30	\$122,07	\$3.662,10	76,70%
Soterrado P. hormigón	30	\$135,36	\$4.060,80	0%
Soterrado P. metálico	30	\$135,36	\$4.060,80	30%
Conduground	30	\$140,06	\$4.201,80	20% (1er año)

Las probabilidades de hurto fueron determinados para el caso del conductor colocado en la parte externa y conduground, de la información recopilada durante la visita a Santa Elena, mientras que para los soterrados es acorde a conocimiento de ingenieros encargados de distribución de CNEL EP y lo visto en el portal de la empresa eléctrica colocada en el Anexo B. 6. Realizando el análisis de flujo ajustado en 5 años y en base a las hipótesis realizadas previamente, queda la tabla 4.6 :

Tabla 4.6: Flujo de reinversión anual por hurto.

Elemento / Año	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Externo	-\$3.662,10	-\$2.808,83	-\$2.808,83	-\$2.808,83	-\$2.808,83	-\$2.808,83	-\$14.044,15
Conduground	-\$4.201,80	-\$840,36	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	-\$840,36
Soterrado Poste hormigón	-\$4.060,80	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Soterrado Poste metálico	-\$4.060,80	-\$1.218,24	-\$1.218,24	-\$1.218,24	-\$1.218,24	-\$1.218,24	-\$6.091,20

La Tabla 4.6 señala que tanto para la puesta a tierra colocada de manera externa y la soterrada en poste metálico la inversión por mantenimiento en el plazo de 5 años resulta muy elevado en proporción a la instalación de conduground donde muestra reinversión en el primer año por la estimación de robo del 20% y en años posteriores resultan en 0%. Para el caso de soterrado en poste de hormigón este se mantiene en 0% debido a la complejidad para la extracción de conductor. Para conocer el beneficio que traería reemplazar por el conductor especial en las obras eléctricas es necesario comparar los gastos anuales producidas por pérdidas dependiendo del tipo de instalación tal como se observa en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7: Comparativa de ahorro ante la reinversión en puesta a tierra.

Comparativa / Año	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Conduground vs externo	-\$539,70	\$1.968,47	\$2.808,83	\$2.808,83	\$2.808,83	\$2.808,83	\$12.664,09
Conduground vs S. hormigón	-\$141,00	-\$840,36	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	-\$981,36
Conduground vs S. metálico	-\$141,00	\$377,88	\$1.218,24	\$1.218,24	\$1.218,24	\$1.218,24	\$5.109,84

En la comparativa del conductor especial Conduground frente al conductor colocado de manera externa se tiene para el año cero un valor negativo debido a que el conductor especial resulta más costos por su instalación pero que desde el primer año se invierte gracias a que disminuyen los gastos para volver a ser instalado anualmente aquellos que han sido robados.

En la comparativa del conductor especial Conduground frente al conductor soterrado en poste de hormigón el valor será negativo en el primer año y se nota un mejor beneficio al hacer la instalación soterrada dado que el costo de instalación del conduground es elevada y los gastos serán 0 en ambos casos en los siguientes años dado que no son objetos de robo por las medidas antes mencionadas. Cabe recalcar que implementar un proyecto con conductor soterrado solo se puede realizar cuando es la colocación de una línea nueva (postes y equipos) debido a que un reemplazo de un poste existente implica la desconexión de zonas, líneas y afectación en la acera.

En la comparativa del conductor especial Conduground frente al conductor soterrado en poste metálico el valor será negativo el primer año por ser más costos que el soterrado, en los años posteriores mostrará un valor positivo dado que el 30% de conductores en poste metálico sufrieron hurto, mientras que el conduground presentará valores mínimos dado a su diseño y elementos por el cual está conformado.

#### VALOR ACTUAL NETO (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (4.1)$$

#### Donde:

$I_0$  = Inversión inicial (t=0)

$F_t$  = Flujo de dinero en periodo t

$n$  = Número de periodos de tiempo

$k$  = tipo de interés exigido

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre colocado de manera externa en poste:

$$\begin{aligned} VAN_e &= -539,70 + \frac{1,968,47}{(1+0,06)} + \frac{2,808,83}{(1+0,06)^2} + \frac{2,808,83}{(1+0,06)^3} + \frac{2,808,83}{(1+0,06)^4} \\ &+ \frac{2,808,83}{(1+0,06)^5} \Rightarrow -539,70 + 11,039,02 \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$VAN_e = \$10,499,32$$

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre soterrado en poste de hormigón:

$$\begin{aligned} VAN_h &= -141,00 - \frac{840,36}{(1+0,06)} + \frac{0}{(1+0,06)^2} + \frac{0}{(1+0,06)^3} + \frac{0}{(1+0,06)^4} \\ &+ \frac{0}{(1+0,06)^5} \Rightarrow -141,00 - 840,36 \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$VAN_h = -\$981,36$$

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre soterrado en poste metálico:

$$\begin{aligned} VAN_m &= -141,00 + \frac{377,88}{(1+0,06)} + \frac{1,218,24}{(1+0,06)^2} + \frac{1,218,24}{(1+0,06)^3} + \frac{1,218,24}{(1+0,06)^4} \\ &+ \frac{1,218,24}{(1+0,06)^5} \Rightarrow -141,00 + 4,338,88 \end{aligned} \quad (4.4)$$

$$VAN_m = \$4,197,88$$

Los resultados muestran que el VAN más alto ocurre en la comparativa del conductor especial y el conductor colocado de manera externa en el poste donde la diferencia de gastos necesitados para reponer el proyecto es menor al pasar de los años lo que demuestra una gran rentabilidad del proyecto.

#### TASA INTERNA DE RETORNO(TIR)

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad (4.5)$$

**Donde:**

$I_0$  = Inversión inicial (t=0)

$F_t$  = Flujo de dinero en periodo t

$n$  = Número de periodos de tiempo

**Para conductor Conduground frente a conductor de cobre colocado de manera externa en poste:**

$$0 = -539,70 + \frac{1,968,47}{(1 + TIR_e)} + \frac{2,808,83}{(1 + TIR_e)^2} + \frac{2,808,83}{(1 + TIR_e)^3} + \frac{2,808,83}{(1 + TIR_e)^4} + \frac{2,808,83}{(1 + TIR_e)^5}$$

$$0 = -539,7 * (1 + TIR_e)^5 + 1,967,25 * (1 + TIR_e)^4 + 2,808,83 * (1 + TIR_e)^3 + 2,808,83 * (1 + TIR_e)^2 + 2,808,83 * (1 + TIR_e) + 2,808,83$$

$$TIR_e = 395,956 \%$$

(4.6)

**Para conductor Conduground frente a conductor de cobre soterrado en poste de hormigón:**

$$0 = -141,00 - \frac{840,36}{(1 + TIR_h)} + \frac{0}{(1 + TIR_h)^2} + \frac{0}{(1 + TIR_h)^3} + \frac{0}{(1 + TIR_h)^4} + \frac{0}{(1 + TIR_h)^5}$$

$$0 = -141,00 * (1 + TIR_h)^5 - 840,36 * (1 + TIR_h)^4 + 0 * (1 + TIR_h)^3 + 0 * (1 + TIR_h)^2 + 0 * (1 + TIR_h) + 0$$

$$TIR_h = < 0 \%$$

(4.7)

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre soterrado en poste metálico:

$$0 = -141,00 + \frac{377,88}{(1 + TIR_m)} + \frac{1,218,24}{(1 + TIR_m)^2} + \frac{1,218,24}{(1 + TIR_m)^3} + \frac{1,218,24}{(1 + TIR_m)^4} + \frac{1,218,24}{(1 + TIR_m)^5}$$

$$0 = -141,00 * (1 + TIR_m)^5 + 377,88 * (1 + TIR_m)^4 + 1,218,24 * (1 + TIR_m)^3 + 1,218,24 * (1 + TIR_m)^2 + 1,218,24 * (1 + TIR_m) + 1,218,24$$

$$TIR_m = 389,459\%$$

(4.8)

Tanto el VAN como el TIR en la comparativa del conductor externo frente al conductor especial presentan los valores más altos puesto a que la empresa eléctrica debe reinvertir anualmente en el conductor de cobre externo mientras que con el conduground tendrá un porcentaje de hurto bajo y solo para el primer año, con lo que la rentabilidad de la inversión se llega a cumplir en un plazo muy corto.

#### PLAZO DE RECUPERACIÓN (PAYBACK)

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre colocado de manera externa en poste:

$$\begin{aligned} \text{PAYBACK} &= 0 \text{ años} + \frac{\$1,428,77 * 1 \text{ año}}{\$1,968,47} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \\ &= 0 \text{ años} + 8 \text{ meses} + 0,71 \text{ mes} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$\text{PAYBACK} = 0 \text{ años} + 8 \text{ meses} + 21 \text{ días}$$

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre soterrado en poste de hormigón:

$$\text{PAYBACK} = - \quad (4.10)$$

Para conductor Conduground frente a conductor de cobre soterrado en poste metálico:

$$\begin{aligned} \text{PAYBACK} &= 0\text{años} + \frac{\$236,00 * 1\text{año}}{\$377,88} * \frac{12\text{meses}}{1\text{año}} \\ &= 0\text{años} + 7\text{meses} + 0,49\text{mes} * \frac{30\text{días}}{1\text{mes}} \end{aligned} \quad (4.11)$$

$$\text{PAYBACK} = 0\text{años} + 7\text{meses} + 14\text{días}$$

Tabla 4.8: Indicadores económicos para cada tipo de instalación comparado al conduground

Indicadores	Conduground en comparación con:		
	Externo	Soterrado en hormigón	Soterrado en metálico
VAN	\$10.499,32	-\$981,36	\$4.197,88
TIR	395,743%	No rentable	389,459%
PAYBACK	8 meses + 21 días	-	7 meses + 14 días

Para el Payback en la comparativa del conductor especial frente al conductor soterrado en poste de hormigón se tienen valores menores a 0, en consecuencia a que posterior a la inversión no se logra recuperar ni generar rentabilidad en el proyecto y en años posteriores se mantiene en valores de 0 dado que ambos tipos de instalación ya no generan gastos adicionales a la empresa eléctrica.

Enfocando la propuesta en la colocación del conductor de manera externa, la propuesta de conduground demuestra una gran rentabilidad en un plazo menor al año y esto puede ser corroborado con los valores obtenidos del VAN, TIR y Payback demostrando que la propuesta es viable y cumple con los requerimientos que se estableció en un principio que es buscar un elemento que evite el hurto del material con el fin de dar un correcto servicio de energía en la provincia de Santa Elena.

En caso de realizarse un proyecto de líneas de transmisión nuevo, es decir que previamente no haya sido diseñado ni implementado, resulta más factible la colocación del conductor soterrado, sea en poste de hormigón o metálico esto dado a que limita la aproximación de personas externas que busquen hurtar el material, el conductor Conduground resulta esencial para proyectos previamente implementados con el fin de salvaguardar la calidad de energía, la reputación de la empresa eléctrica y diversos elementos y equipos conectados a la línea.

#### 4.4. Propuesta de especificaciones técnicas actualizada

Para poder ser empleado algún elemento o equipo en el mercado eléctrico ecuatoriano es necesario que se regularice y se apruebe por el ministerio de

energía y minas (Ex ministerio de energía y recursos naturales no renovables). Para esto se realiza unas especificaciones técnicas y bajo la última actualización se emplea para los diversos proyectos de obra eléctrica existentes en el país, con la finalidad de requerir un elemento que cumpla las expectativas del ministerio y dé libertad al contratista o empresa contratante de colocar un elemento que existe en el mercado.

Para toda obra siempre se requerirán especificaciones técnicas de todo tipo, en este caso está focalizado en el conductor de bajante de puesta a tierra dado que es el tema a tratar en esta tesis y con el que se busca dar conciencia de su relevancia ante la problemática que se está viviendo en el país. En la tabla 4.9 se observa un diseño similar a los que son empleados en la actualidad.

Tabla 4.9: Especificaciones técnicas de la tira de aleación para puesta a tierra

Sección 3: Especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de distribución		
TIRA DE ALEACIÓN PARA PUESTA A TIERRA		Revisión: 01 Fecha: 2024-01-06
ITEM	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
<b>1</b>	<b>MATERIAL</b>	
1.1	Conductor:	
1.1.1	Material	Aleación CZ9
1.1.2	Recubrimiento electrolítico	Cobre y Estaño
1.1.3	Recubrimiento protector	Sello anticorrosivo
1.2	Normas de fabricación y ensayos	ASTM B499 Y B571
1.3	Requisitos generales:	
1.3.1	Capa de recubrimiento anticorrosivo	8,60%
<b>2</b>	<b>REQUISITOS CONSTRUCTIVOS</b>	
2.1	Calibre	7/16 (11,11 mm)
2.2	Espesor del conductor	1,52 mm
2.3	Superficie de contacto	252,73 cm <sup>2</sup> x ml
<b>3</b>	<b>ACABADO</b>	
3.1	Recubrimiento protector	NOTA 1
<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>	
4.1	Capacidad de corto circuito a 8 ciclos	10,9 kA
4.2	Margen de protección	>50%
<b>5</b>	<b>EMBALAJE</b>	
5.1	Longitud de rollo	1000 m
<b>6</b>	<b>CERTIFICACIONES</b>	
6.1	Fabricación y ensayos	NOTA 2
<b>NOTAS:</b>		
1	Tira formada por aleación CZ9, recubierto con una capa continua de anticorrosivo de espesor uniforme.	
2	<p>Los certificados de conformidad de producto o de cumplimiento de normas exigidos en el presente documento, deben ser emitidos por organismos de certificación acreditados o designados en el país, documentación que será avalada por el OAE.</p> <p>Para el caso de los reportes de ensayo, estos deben ser emitidos por los laboratorios acreditados o designados en el país, documentación que será avalada por el OAE.</p> <p>Los productos que cuenten con sello de calidad INEN, no están sujetos al requisito de certificado de conformidad para su comercialización. Estos certificados y reportes, serán un requisito que los oferentes presenten para los procesos de adquisición.</p>	

## Capítulo 5

# Caso de Estudio

### 5.1. **Análisis previo a implementación de proyecto**

La empresa eléctrica con la finalidad de brindar una buena calidad de energía y mejorar el servicio eléctrico realiza anualmente diversos proyectos mediante el portal de compras públicas donde a través de un concurso público un contratista se encarga de la realización de la obra, para poder realizar esto primero es necesario el reconocimiento de la necesidad y estudio de mercado.

En esta sección se brindará paso a paso el procedimiento que debe realizar el área de compras públicas perteneciente a CNEL-Santa Elena para gestionar un proyecto y poder suplir la necesidad urgente que se vive en Santa Elena en cuanto a la nula existencia de bajante de puesta a tierra en líneas de transmisión. Para analizar los costos que deben cubrir producto del permanente hurto de las bajantes y ante la no implementación de nuevos elementos como el Conduground.

### 5.2. **Procedimiento para publicar un proceso en compras públicas**

#### 5.2.1. **Identificación del problema**

En la sección céntrica de la ciudad de la península se encontró la novedad que en gran parte de las líneas de distribución colocados, no cuentan con conductor de bajante de puesta a tierra que termina afectando la calidad de energía y seguridad de personal encargado de mantenimiento. Esto se llegó a conocer por notificación tanto del propio personal al momento de realizar rutinas de mantenimientos y por quejas de ciudadanos del sector.

Al visitar ciertas zonas se pudo identificar el problema, tal como se observa en la figura 5.1, donde los conductores habían sido hurtados desde una altura superior a los dos metros hasta la base, incluso contando con un tubo de plástico

empleado en la parte externa como una medida de protección. Lo que demuestra los niveles de hurto de material registrados en el sector.

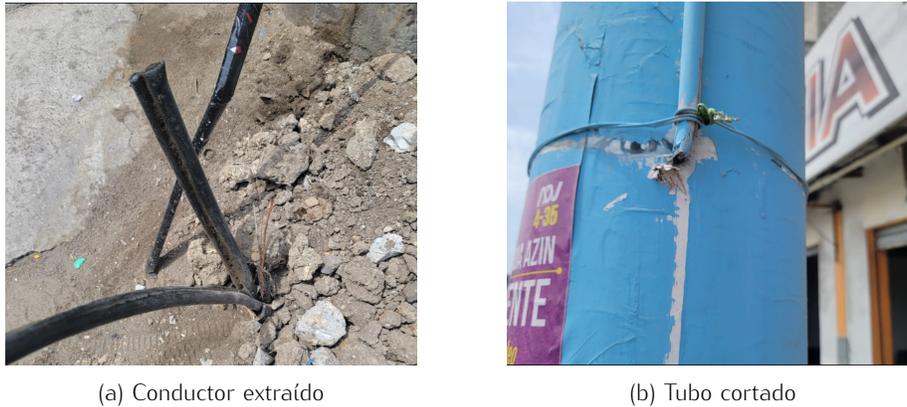


Figura 5.1: Hurto de material eléctrico en zona céntrica de Santa Elena

### 5.2.2. Levantamiento técnico

Es necesario definir el área donde será realizado el proyecto y la cantidad de material que se busca reemplazar o colocar como nuevo. En este caso para analizar esta situación se enfocará directamente en un levantamiento solo para el conductor de bajante de puesta a tierra, sin tomar en consideración la colocación de nuevos postes, luminarias, transformadores, entre otros.

Se piensa realizar una sola etapa en el área mostrada en la Figura 5.2, tomando en consideración 100 postes a lo largo de la vía Punta Carnero donde en su mayoría el conductor fue hurtado desde los primeros meses de instalación.



Figura 5.2: Sitio geográfico a implementar el proyecto

Se hace la recopilación de la información de los postes existentes tal como se observa en la Tabla 5.1, ubicados en la parroquia José Luis tamayo (Muey) y

alimentados por la S/E Carolina - Punta Carnero.

Tabla 5.1: Código e información técnica de cada poste a implementarse

Especificación de cada poste en zona de proyecto				
Código	Proceso	Subtipo	Tipo	Estructura
OID15764	-	Poste Hormigon	Baja	1PP3
16023922	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP
16023923	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1ER; 1CRT; 1EP
16001856	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1CRT; 1ER
16023924	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1EP
16023925	-	Poste Hormigon	Media Baja	1PR3; 3VPT; 3VRT; 1ER
16023934	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP
16023935	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SDT; 1ER; 1ER
16023936	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP
16023937	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1EP
16023938	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1EP
16001848	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1EP
16023939	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1EP
16023940	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1CRT; 1EP
16023941	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 3SRT; 1EP; 1PR3
16024133	COTO-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP; 1PP3
16024134	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP; 1PP3
16024141	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1CPT; 1PP3
16024142	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP; 1PP3
16024143	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1CPT; 1PR3; 1PR3
16024145	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SDT; 3SRT; 1EP; 1PP3
16074600	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1CPT; 1PP3
16024148	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1PR3; 1PR3; 1CPT
16024155	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1PP2
16024157	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1PP2
657742	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1PP2
16021323	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	3VRT; 3SPT; 1PP3+1PR3
16021329	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021331	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16021321	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1ER; 3SPT; 1PD3
16021326	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1PP3
16021327	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1PP3; 3SDT
16021330	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16021332	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16021333	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SDT
16021335	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16021337	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 3SPT; 1ER
16021339	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021341	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021342	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021343	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021344	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021345	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3VPT
16021346	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SAT
16001851	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	1CRT; 3SPT; 1EP
16021351	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3CRT
OID18913	UNCNEL-017-21	Poste Hormigon	Media	3SDT; 1EP
16001838	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16073227	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16001850	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
OID18914	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16021288	COTS-CNELSTE-2	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 3SPT
16023920	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1ER; 3SRT
16021318	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3CDT
16021336	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
16018201	COTS-005-18	Poste Hormigon	Baja	1PP3
16018218	COTS-005-18	Poste Hormigon	Baja	1PP3

16021301	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1PD3; 1EP; 3VPT
16021297	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1CRT; 1PD3; 1EP; 3VPT
16021302	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1CRT; 1PR3; 1EP; 3CRT
16021298	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1PR3; 1EP; 1CDT
16021306	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1PD3; 1EP; 3SPT
16021317	COTS-005-18	Poste Hormigon	Baja	1ER+1ER; 1PR3
16021303	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1CRT; 1ER+1ER; 1PR3
16021304	COTS-005-18	Poste Hormigon	Baja	1PP3
16021305	COTS-005-18	Poste Hormigon	Baja	1ER; 1PR3
50046	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1EP
16024135	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP; 1CRT; 1PP3
16024144	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1EP
16049250	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1CPT; 1PP3
16024156	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1PP2
16024149	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1CRT; 1PP2
16021319	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021338	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021340	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021324	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	3VRT; 1PP3; 3CRT
16021325	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SRT
16021348	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SDT
16021349	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021347	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021350	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP; 3CRT
16001847	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT; 1EP
OID56871	-	Poste Hormigon	Baja	3EP
OID56872	-	Poste Hormigon	Baja	3EP
16023926	-	Poste Hormigon	Media Baja	3VPT; 1ER
16023943	-	Poste Hormigon	AP	1EP
OID60089	-	Poste Madera	AP	1ER
16024150	-	Poste Hormigon	AP	1EP
16021320	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT; 1ED
1600184	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SPT
16021322	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1PP3; 3SPT
16021328	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media Baja	1PR3; 3SPT
16021334	COTS-005-18	Poste Hormigon	Media	3SDT; 1EP
16001849	-	Poste Hormigon	Baja	3VPT; 1EP; 1PP3
OID67338	-	Poste Madera	Acometida	1EP
OID72850	-	Poste Hormigon	Media Baja	3SPT
16049974	STE-AJ-CP-009-20	Poste Hormigon	Baja	1PR3
OID134097	Lecto_012023	Poste Hormigon	Media	1CRT

### 5.2.3. Estudio de mercado

Para poder definir el precio referencial del proceso en cada ítem es necesario solicitar cotización a diversos oferentes, como mínimo se requieren 3 por lo que se procede a realizar las cotizaciones y tras recopilar la información elaboramos la Tabla 5.2. Para este proyecto puntual se presupuesta la colocación de 38 puesta a tierra para los 100 postes existente en donde se encuentran los transformadores.

Tabla 5.2: Cotizaciones realizadas a oferentes para respectivo proceso

DESCRIPCIÓN	VIVALED	NOVALIGHTING	ELECTRIC BURBANO
MATERIAL			

Metro Cable de Cu, desnudo, cableado suave, 2 AWC, 19 hilos	\$2,274,30	\$2,667,60	\$2,445,30
conector de compresion	\$88,92	\$123,12	\$100,32
Taco #6	\$1,52	\$1,14	\$1,14
Grapa metálicas 1/2"	\$119,70	\$176,70	\$131,10
Tornillo T/P 1x8	\$1,52	\$1,52	\$1,14
Varilla para puesta a tierra tipo copperweld, 16 mm (5/8") de diám. x 1800 mm (71') de long., de alta camada	\$451,82	\$598,12	\$503,50
<b>MANO DE OBRA</b>			
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (Cable de cobre desnudo #2 + grapa metálicas 1/2- varilla Cu 1,8 mts + taco #6 + tornillo t/pato)	\$797,24	\$949,62	\$873,62
<b>TRANSPORTE</b>			
Transporte de materiales (depende de valor por volumen y acceso)	\$1.312,66	\$1.459,95	\$1.245,38
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$5,047,68</b>	<b>\$5,977,77</b>	<b>\$5,301,50</b>
<b>IVA</b>	<b>\$605,72</b>	<b>\$717,33</b>	<b>\$636,18</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$5,653,40</b>	<b>\$6,695,10</b>	<b>\$5,937,68</b>

De acuerdo a estos precios se procede a determinar el valor referencial que resulta del promedio entre las propuestas tal como se observa en la Figura 5.3.

Tabla 5.3: Precio referencial para cada ítem del proceso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	SUBTOTAL
<b>MATERIAL</b>				
Metro Cable de Cu, desnudo, cableado suave, 2 AWC, 19 hilos	M	570	\$4,37	\$2,490,90
Conector de compresion	U	114	\$0,94	\$107,16
Taco #6	U	38	\$0,03	\$1,14
Grapa metálicas 1/2"	U	114	\$1,25	\$142,50
Tornillo T/P 1x8	U	114	\$0,03	\$1,14
Varilla para puesta a tierra tipo copperweld, 16 mm (5/8") de diám. x 1800 mm (71') de long., de alta camada	U	38	\$13,87	\$527,06
<b>MANO DE OBRA</b>				
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (Cable de cobre desnudo #2 + grapa metálicas 1/2- varilla Cu 1,8 mts + taco #6 + tornillo t/pato)	-	38	\$23,15	\$879,70
<b>TRANSPORTE</b>				
Transporte de materiales (depende de valor por volumen y acceso)	-	-	-	\$1.315,14
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$5,464,74</b>
			<b>IVA</b>	<b>\$655,77</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$6,120,51</b>

En la sección de anexos, considerados en la figuras A.1, A. 2 y A. 3 se pueden encontrar las cotizaciones que fueron usados de base para el presupuesto referencial.

#### 5.2.4. Informe de necesidad

Es realizada con la finalidad de solicitar aprobación del proceso en esta se detallan antecedentes, análisis, partida presupuestaria y producto esperado.

#### ANTECEDENTES

En base a lo que establece el artículo 62 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, el Estado mediante las empresas eléctricas es responsable de la construcción operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público general, y tomando en consideración que la REGULACIÓN No. ARCERNNR 006/20 Prestación del Servicio de Alumbrado Público General, capítulo II, número 5.2, establece como responsabilidad de la distribuidora:

- Planificar, administrar, operar, mantener y **expandir el Servicio de alumbrado público general a fin de cubrir la demanda en su área de servicio**, en coordinación con los GAD, el MTOP, Policía Nacional o Autoridad de Tránsito Competente, en los casos que corresponda.
- Suscribir los convenios que considere pertinentes con los GAD o entidades competentes, para realizar el mantenimiento del alumbrado intervenido u ornamental. Los costos del mantenimiento correrán a cargo del GAD o entidad estatal competente.
- Garantizar el suministro eléctrico para la infraestructura de alumbrado público general, ornamental e intervenido, sistemas de semaforización y seguridad ciudadana.

Por ende, es responsabilidad de CNEL EP, brindar los Servicios Eléctrico y de Alumbrado Público General de calidad y confiables, requeridos por el MEM, ARCERNNR con lo cual se justifica la necesidad para realizar el proceso de **MANTENIMIENTO DE BAJANTE DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA VÍA PUNTA CARNERO 2023**.

#### ÁNALISIS DE BENEFICIO

- Mejora de la calidad de energía entregada en el sistema de distribución al implementar una puesta a tierra.
- La colocación de puesta a tierra brinda seguridad al personal que manipule elementos presentes en el sistema.

#### PARTIDA PRESUPUESTARIA

Tabla 5.4: Asignaciones previstas en el presupuesto

PARTIDA PRESUPUESTARIA	CÓDIGO	NOMBRE
------------------------	--------	--------

12101020400183843231010306	4134	Mantenimiento de bajante de líneas de distribución de la vía Punta Carnero 2023
----------------------------	------	---

### PRODUCTO ESPERADO

La adquisición del conductor de puesta a tierra permitirá mejorar el servicio de energía bajo el cumplimiento de la Revisión 04 de las Especificaciones Técnicas aprobadas por el MEM y publicado en su catálogo digital.

#### 5.2.5. Términos de referencia (TDR)

Esta sección es un tipo de documento que presentan la información recopilada como también especificaciones técnicas para la contratación externa. Con esto se establecen el marco de evaluación y sirve como guía en la planificación de la misma. Se define el nombre del proyecto, forma y condiciones de pago, personal técnico, emergencias y plazos de ejecución.

### NOMBRE DEL PROYECTO

"MANTENIMIENTO DE BAJANTE DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA VÍA PUNTA CARNERO 2023"

### EMERGENCIAS

Es definida una emergencia aquella situación que derive en un peligro potencial a la seguridad pública, sea al usuario o a personal.

Como objetivo se tiene reestablecer la seguridad en vía pública, por lo que el contratista constará en forma permanente con equipo de trabajo apropiado para atender las intervenciones.

Tabla 5.5: Tipos de emergencia

TIPO DE EMERGENCIA	ACCIÓN	PLAZO
Poste sin bajante de puesta a tierra	Reposición	Inmediato

### PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo para el servicio de mantenimiento de bajante de puesta a tierra en la vía Punta Carnero es de **SESENTA (60) DÍAS**, el cual empieza a contarse a partir del día posterior a la notificación escrita de parte del Administrador del Contrato.

**PERSONAL TÉCNICO**

**Responsable técnico** Requerido Ingeniero en Electricidad. La experiencia deberá ser acreditada en mantenimiento sistemas de distribución de energía eléctrica, realizada en los últimos 5 años ya sea como director, supervisor, jefe de mantenimiento y que la suma de la experiencia acreditada sea al menos del 20% del presupuesto referencial.

NIVEL DE ESTUDIO	CANTIDAD	FUNCIÓN
Ingeniero eléctrico	1	Responsable técnico

**Personal auxiliar**

NIVEL DE ESTUDIO	CANTIDAD	FUNCIÓN
Bachiller técnico en electricidad	2	Técnico eléctrico
Bachiller general	1	Chofer

**Notas:**

- El personal auxiliar no será objeto de evaluación en la oferta técnica, el personal será aprobado por la fiscalización y administrador de contrato.
- Deben tener registrados los títulos profesionales en el SENESCYT.

**FORMA Y CONDICIONES DE PAGO**

El presupuesto referencial de CNEL Santa Elena para la contratación del servicio alcanza el total de U.SD. \$6.120,51 (SEIS MIL CIENTO VEINTE CON 51/100) DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA.

El valor del contrato será pagado de la siguiente manera:

- Anticipo del 20%.
- El valor restante será mediante pago contra presentación de planillas mensuales, en base al trabajo realizado y aprobado por Fiscalización.

### 5.3. Resultado de propuesta

En base al estudio de mercado realizado en la sección 5.2.3, para poder cubrir el gasto de la ausencia del conductor de cobre, la empresa eléctrica CNEL EP Unidad de Negocios de Santa Elena tendría que invertir \$6.120,51 sólo para reponer la bajante en 38 postes, en caso que querer realizar la sustitución de bajantes hurtadas en toda la provincia, la Unidad de distribución debería sacar procesos similares en más de 100 diversas zonas elevando la inversión a \$500.000.

Esto es una estimación de acuerdo a los estudios realizados en una zona determinada, lo que representa un valor que debe ser financiado mínimo una vez al año, y pese a los esfuerzos hacer las sustituciones del conductor, la problemática del hurto no permite que este cable dure más de 3 meses a partir de la sustitución.

## Capítulo 6

# Conclusiones y Trabajos futuros

### 6.1. Conclusiones

- La medición de resistividad en zonas con alto índice delictivo se vio reducida producto de la poca o nula existencia del conductor de cobre empleado como bajante de puesta a tierra, con lo que se evidencia la grave situación que afronta la empresa eléctrica ante el hurto, situación que limita brindar una buena calidad de energía ante la eventual presencia de armónicos, voltajes transitorios, o respuesta a cortocircuitos, que terminan disminuyendo la vida útil de diversos componentes utilizados en las líneas de distribución y afectando a los usuarios.
- Actualmente en el mercado existen diversas propuestas que brindan un tratamiento de suelos para zonas con altos niveles de corrosión, y una propuesta para complementar estas soluciones es el uso de electrodos compactos de grafito, con los cuales se mantendría el circuito de impedancias bajas pero, en el mercado existen varillas de puesta a tierra de alta camada que pueden lograr el mismo propósito y a menor costo.
- Emplear el conductor de aleación CZ9 (Conduground) como bajante de puesta a tierra resulta viable por ser un elemento que, al no tener valor comercial en el mercado informal, disminuiría significativamente los índices de hurto del mismo, además de ser un elemento con recubrimiento anticorrosivo avalado y aprobado por certificadoras internacionales como UL, de facto para el mercado americano, con ello, la aprobación en otros países. Adicionando el cumplimiento de los estándares mostrados en las normas internacionales ASTM. Esto permitiría brindar una buena calidad de energía al consumidor evitando las diferencias de potenciales por presencia de fallas y aportar protección al personal operativo, equipos e instalaciones.

- Mediante un análisis técnico-económico, se observó la alta factibilidad de la puesta del conductor de aleación CZ9 en las redes de zonas de alto nivel de hurto y/o salinidad, proyectando un TIR del 395% y en un tiempo de retorno inferior a un año en conductores externos de cobre de puesta a tierra.

## 6.2. Recomendaciones

- Es necesario realizar más pruebas pilotos en diversas zonas del país, desarrollando un trabajo en conjunto entre las Empresas de Distribución Eléctrica a nivel nacional para estandarizar esta solución para la ejecución de futuras obras.
- La implementación de un plan de comunicación para el uso del conductor sin valor comercial (Conduground) resultaría clave para evitar hurtos en la primera etapa del proyecto, esto es, resaltando que este conductor no tiene valor comercial alguno.

## 6.3. Trabajos futuros

- Realizar un estudio a nivel nacional o regional para identificar zonas críticas del hurto de conductor de sistema de puesta a tierra para potenciar el uso del conduground o conductores análogos.
- Análisis de la factibilidad de implementar un electrodo compacto de grafito como reemplazo a la varilla copperweld de alta camada en puesta a tierra de las líneas de distribución.

## 6.4. Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>CAPITULO I: SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>																
<b>CAPITULO II: PUESTA A TIERRA EN PROYECTOS ESPECIALES: SALINIDAD Y HURTO</b>																
<b>CAPITULO III: FORMULACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA PARA ZONAS CRÍTICAS</b>																
<b>CAPITULO IV: EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE INSTALACIÓN</b>																
<b>CAPITULO V: CASO DE ESTUDIO</b>																
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS</b>																

Figura 6.1: Cronograma de actividades

En la Figura 6.1 se observa el cronograma de actividades con la que se organizó la planificación de los respectivos capítulos.

# Bibliografía

- [BENDER, 2023] BENDER (2023). Sistema it: Sistemas aislados de tierra para máxima disponibilidad. <https://www.bender-latinamerica.com/informacion-tecnica/tecnologia/sistema-it/>.
- [CDDC, 2017] CDDC (2017). Soterramiento de cables: Infraestructura eléctrica subterránea.
- [Centrosur, 2021] Centrosur (2021). El hurto de cables de cobre de la red subterránea.
- [Citeenergía, 2022] Citeenergía (2022). Métodos de mediciones de la resistividad del terreno. *Cite Energía*, pages 4–5.
- [CLIMATEDATA, 2023] CLIMATEDATA (2023). Santa elena province: Tiempo y clima en diciembre.
- [CNEL, 2018] CNEL (2018). Informe rendición de cuentas 2018. page 4.
- [CNEL, 2022] CNEL (2022). Informe rendición de cuentas 2022. pages 13–20.
- [Cnel-EP, 2022] Cnel-EP (2022). Cnel ep repone cables robados que provocan cortes de energía en varios sectores de guayaquil.
- [EEASA, 2023] EEASA (2023). La eeasa alerta sobre hurto de cables que afectan a la continuidad del servicio elÉctrico.
- [ELIGHTING, 2023] ELIGHTING (2023). Sistema de puesta a tierra general: instalación de toma de tierra. <https://at3w.com/blog/sistema-de-puesta-a-tierra-general-instalacion-de-toma-de-tierra/>.
- [Expreso, 2023] Expreso (2023). El hurto de cables de electricidad se reporta con frecuencia en quito.
- [Godínez Hernandez, 2015] Godínez Hernandez, S. R. (2015). *Estudio de puesta a tierra y análisis de calidad del servicios de energía eléctrica de los equipos electrónicos de las casetas de zona de control, medición y protección de las subestaciones Escuintla 1 y Escuintla 2 del INDE-ETCEE*. PhD thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- [Idrovo Naranjo, 2001] Idrovo Naranjo, M. P. (2001). Estudio de corrosión en mallas de tierra. B.S. thesis, QUITO: EPN, 2001.
- [IEEE, 2007] IEEE (2007). Ieee guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system.
- [INAMHI, 2013] INAMHI (2013). Atlas hidrológico y meteorológico estudiantil 2013. Technical report, INAMHI.
- [INEN, 2018] INEN (2018). Seguridad eléctrica. protección de equipos y electrodomésticos contra sobrevoltajes por descargas atmosféricas. <https://inennormalizacion.blogspot.com/2018/12/seguridad-electrica-proteccion-de.html>.
- [INIMTEC, 2023] INIMTEC (2023). Los armónicos en instalaciones eléctricas y sus consecuencias.
- [Institute, 1982] Institute, A. N. S. (1982). Requisitos de seguridad para sistemas de distribución de energía eléctrica de alta tensión.
- [International, 2023a] International, A. (2023a). Standard practice for qualitative adhesion testing of metallic coatings.
- [International, 2023b] International, A. (2023b). Standard test method for measuring thickness of nonmagnetic coatings on magnetic base metals by magnetic method.
- [JDEléctricos, 2021] JDEléctricos (2021). Los 5 tipos de puesta a tierra y características.
- [Laboratories, 2022] Laboratories, U. (2022). Standard for grounding and bonding equipment.
- [Lora, 2010] Lora, F. (2010). Corrosion en suelos. *Grupo de corrosión y protección*, pages 4–10.
- [LSP, 2017] LSP (2017). Bs en iec 62305 norma de protección contra rayos. <https://www.lsp-international.com/es/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/>.
- [LSP, 2019] LSP (2019). Sistema de suministro de energía (tn-c, tn-s, tn-cs, tt, it). <https://www.lsp-international.com/es/power-supply-system/>.
- [LSP, 2022a] LSP (2022a). Bs en iec 62305 norma de protección contra rayos.
- [LSP, 2022b] LSP (2022b). Sistema de suministro de energía (tn-c, tn-s, tn-cs, tt, it).
- [MCT, 2005] MCT (2005). Instalaciones de puesta de tierra.
- [Mora, 2010] Mora (2010). Análisis del sistema de puesta a tierra de la casa de la cultura. pages 4–6.

- [Saucedo Martínez et al., 2008] Saucedo Martínez, D. A., Taxis Villagrán, J. L., and Flores Carrera, Z. C. (2008). Factores que afectan la calidad de la energía y su solución.
- [SectorElectricidad, 2019] SectorElectricidad (2019). Regímenes de neutro en baja tensión. <https://www.sectorelectricidad.com/27258/regimenes-de-neutro-en-baja-tension/>.
- [SEN, 2018] SEN (2018). Seguridad eléctrica. protección de equipos y electrodomésticos contra sobrevoltajes por descargas atmosféricas.
- [Telégrafo, 2023] Telégrafo, E. (2023). Aumenta el robo de cables eléctricos de uno a cuatro diarios en Quito.
- [UPSE, 2020] UPSE (2020). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Technical report, UPSE.

Apéndice A

Ap. A. Catálogos



Controla, ilumina  
e innova

RUC: 0190434133001

**COTIZACIÓN No. 1701-2024**

**PARA:** Edgar Altamirano  
**FECHA:** Guayaquil, 17 de Enero del 2024

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cable de Cu, desnudo, cableado suave, 2 AWG, 19 hilos	METRO	570	\$4,68	\$2.667,60
Conector de compresión	UNIDAD	114	\$1,08	\$123,12
Taco #6	UNIDAD	38	\$0,03	\$1,14
Grapa metálicas 1/2"	UNIDAD	114	\$1,55	\$176,70
Tornillo T/P 1x8	UNIDAD	38	\$0,04	\$1,52
Varilla para puesta a tierra tipo copperweld, 16 mm (5/8") de diám. x 1800 mm (71") de long., de alta camada	UNIDAD	38	\$15,74	\$598,12
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (Cable de cobre desnudo #2 + grapa metálicas 1/2" + varilla Cu 1,8 mts + taco #6 + tornillo t/pato)	-	38	\$24,99	\$949,62
Transporte de materiales (depende valor por volumen y acceso)	-	1	\$1.459,95	\$1.459,95
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$5.977,77</b>
<b>12% IVA</b>				<b>\$717,33</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$6.695,10</b>

**FORMA DE PAGO:** 20% Anticipo / Diferencia Planilla  
**TIEMPO DE ENTREGA:** 60 días

Esperando que los precios detallados en esta oferta, sea conveniente a sus intereses, quedamos a sus órdenes.

**Atentamente,**  
**Carlos Montero**  
**Gerente General**  
**Celular: 0999796903**  
**Email: cmontero@ajm.ec**

Figura A.1: Cotización realizada a la empresa Novalighting Cia. Ltda

COTIZACION		VivaLED			
<b>VIVA LED</b> RUC: 0993370294001 Contribuyente Especial No: 1767 Obligado a llevar Contabilidad : Si		COTIZACION NO. AS-0504-01			
Atendiendo a su amable solicitud estamos enviando la cotización de los productos requeridos.					
FECHA		CLIENTE		RUC	
15-12-23		Edgar Altamirano		791841947001	
CIUDAD		DIRECCION		TELEFONO	
Guayaquil					
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO DE ENTREGA
1	Cable de cobre desnudo, cableado 2 AWG de 19 hilos	570	\$3,99	\$ 2.274,30	1 semanas
2	Conector de compresión	114	\$0,78	\$ 88,92	
3	Taco #6	38	\$0,04	\$ 1,52	
4	Grapa metálicas 1/2"	114	\$1,05	\$ 119,70	0 semanas
5	Tornillo T/P 1x8	38	\$0,04	\$ 1,52	1 semanas
6	Varilla para puesta a tierra tipo copperweld, 16 mm x 1800 mm, de alta camada	38	\$11,89	\$ 451,82	2 semanas
7	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	38	\$20,98	\$ 797,24	3 semanas
8	Transporte de materiales	1	\$1.312,60	\$ 1.312,60	4 semanas
<b>TOTAL</b>				<b>\$</b>	<b>5.047,62</b>
VALIDEZ		1 semana			
FORMA DE PAGO		20 % anticipo, Planilla contraentrega			
OBSERVACIONES		Tiempo de entrega contado a partir de la recepción de Orden de Compra y recepción de anticipo.			
Precios pueden variar sin previo aviso por incrementos en costos de producción, aranceles de aduana o nuevas salvaguardias que afecten a los productos ofertados, en cuyo caso los precios negociados serán reajustados.					
*Estos precios no incluyen IVA					
<hr/> Pedro Alarcón VENTAS Y PROYECTOS VIVA LED ECUADOR					

Figura A.2: Cotización realizada a la empresa VIVA LED

		<b>ELECTRIC BURBANO</b> Coop. Santa Mónica Mz. 35 Solar 32 jasanburpi@gmail.com 0951443407001			
		<b>COTIZACIÓN 14865-2</b>			
		<b>COTIZACIÓN</b> 14865-2			
		Ciudad	Día	Mes	Año
		Gye	14	12	24
<b>Datos del Cliente</b>					
Nombre: Edgar Altamirano			N° de Identificación: 92673425		
Dirección: Ceibos			Contacto: 926773425		
Código	Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
1485	570	Metro Cable de Cu, desnudo, cableado suave, 2 AWG, 19 hilos	M	4,29	2445,30
1328	114	conector de compresión	U	0,88	100,32
2486	38	Taco #6	U	0,03	1,14
9753	114	grapa metálicas 1/2"	U	1,15	131,10
9746	38	Tornillo T/P 1x8	U	0,03	1,14
9755	38	Varilla para puesta a tierra tipo copperweld, 16 mm (5/8") de diám. x 1800 mm (71") de long., de alta camada	U	13,25	503,50
-	38	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (Cable de cobre desnudo #2 + grapa metálicas 1/2" + varilla Cu 1,8 mts + taco #6 + tornillo t/pato)	U	22,99	873,62
-	1	Transporte de materiales (depende valor por volumen y acceso)	U	1245,38	1245,38
				Total general	<b>\$5.301,50</b>
				Descuento 0%	<b>\$0,00</b>
				Subtotal	<b>\$5.301,50</b>
				IVA 12%	<b>\$636,18</b>
				Total	<b>\$5.937,68</b>

Figura A.3: Cotización realizada a la empresa Electro Burbano

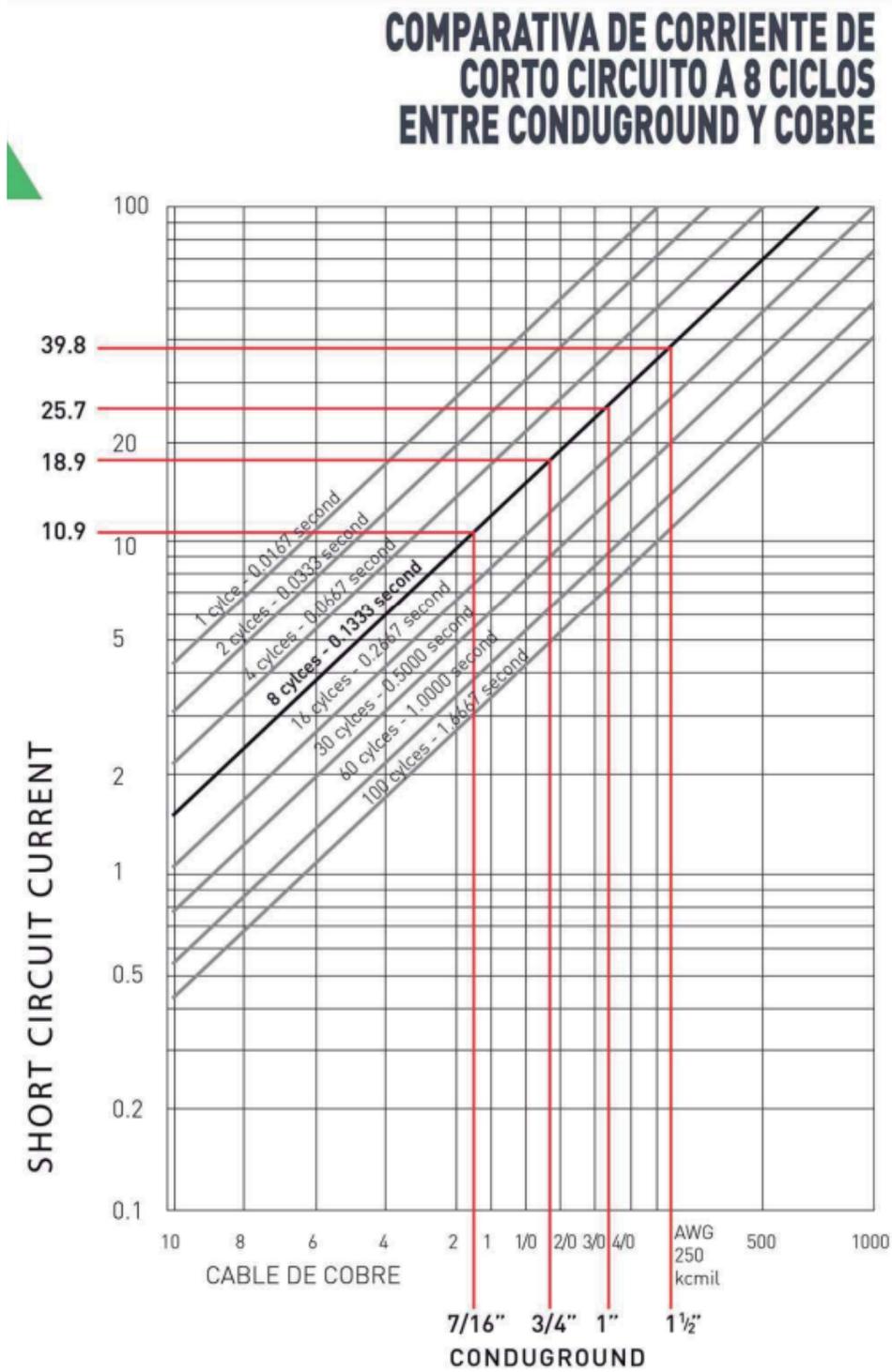
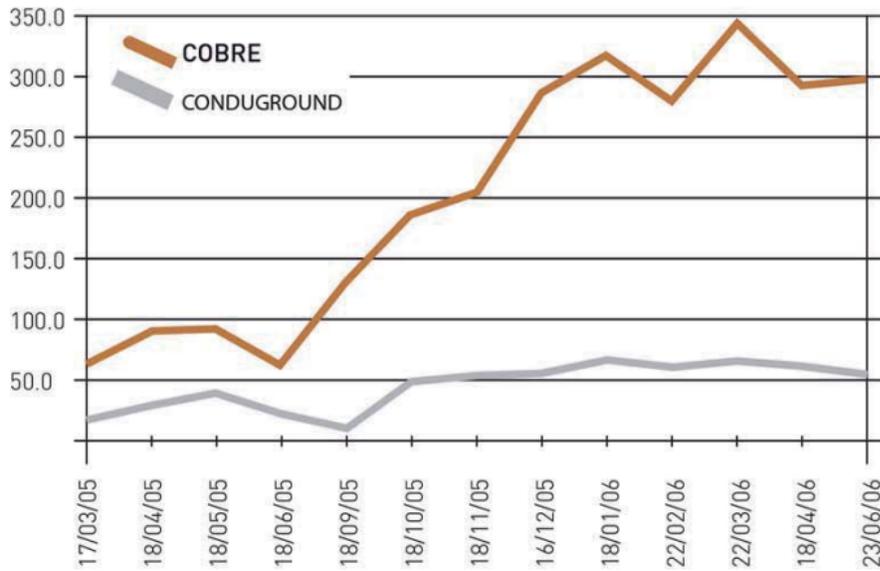


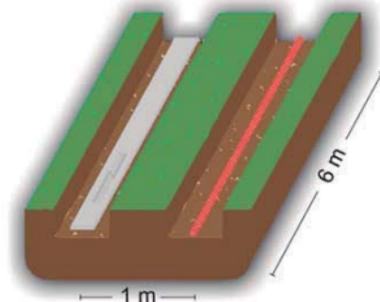
Figura A.4: Tabla comparativa de corriente de corto circuito a 8 ciclos de conduground y cobre.



**298.0 ohm**

$298.0 / 51.2 = 5.82$   
**5.82 veces mejor**  
 rendimiento de:  
**CONDUGROUND**  
by CONDUZINC  
 que el cobre  
**51.2 ohm**

FECHA DE MEDICION	RESISTIVIDAD DEL TERRENO (ohm.m)		RESISTENCIA DE 6m DEL CONDUGROUND (ohm)	RESISTENCIA DE 6m DEL CABLE DE COBRE (ohm)
	PROFUNDIDAD 1.61 m	PROFUNDIDAD 3.21 m		
17/03/05	15.2	8.6	18.9	68.3
18/04/05	16.5	9.7	26.4	81.5
18/05/05	16.5	15.8	31.3	86.5
18/06/05	18.4	17.5	23.9	64.3
18/09/05	10.6	14.4	14.4	138.9
18/10/05	12.8	13.6	49.0	185.4
18/11/05	13.1	15.6	52.0	206.0
16/12/05	14.9	16.4	56.0	285.0
18/01/06	16.8	17.2	60.0	319.0
22/02/06	12.8	9.3	54.5	279.0
22/03/06	24.1	8.9	56.7	342.0
18/04/06	16.2	9.5	53.8	280.0
23/06/06	11.8	8.8	51.2	298.0



Resultados de acuerdo al informe de CFE- LAPEM K3404-047A (07/JULIO/2006)



Figura A.5: Tabla comparativa de rendimiento conduground y cobre .

## Apéndice B

### Ap. B. Evidencias

Este anexo incluye evidencia de actividades complementarias.

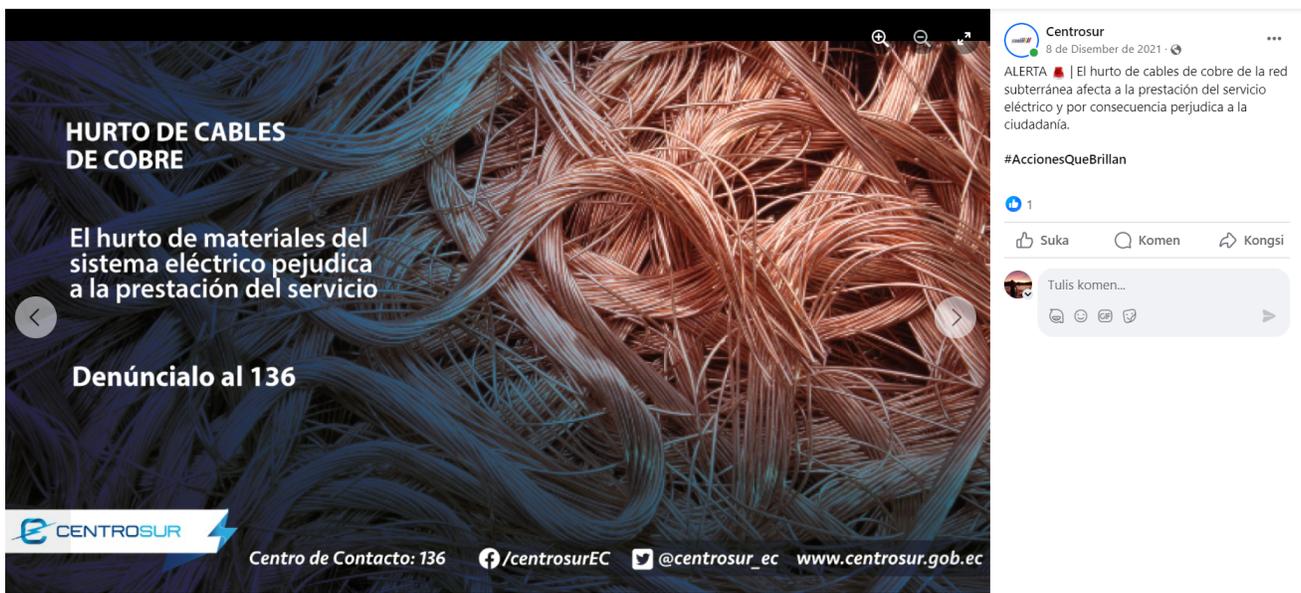
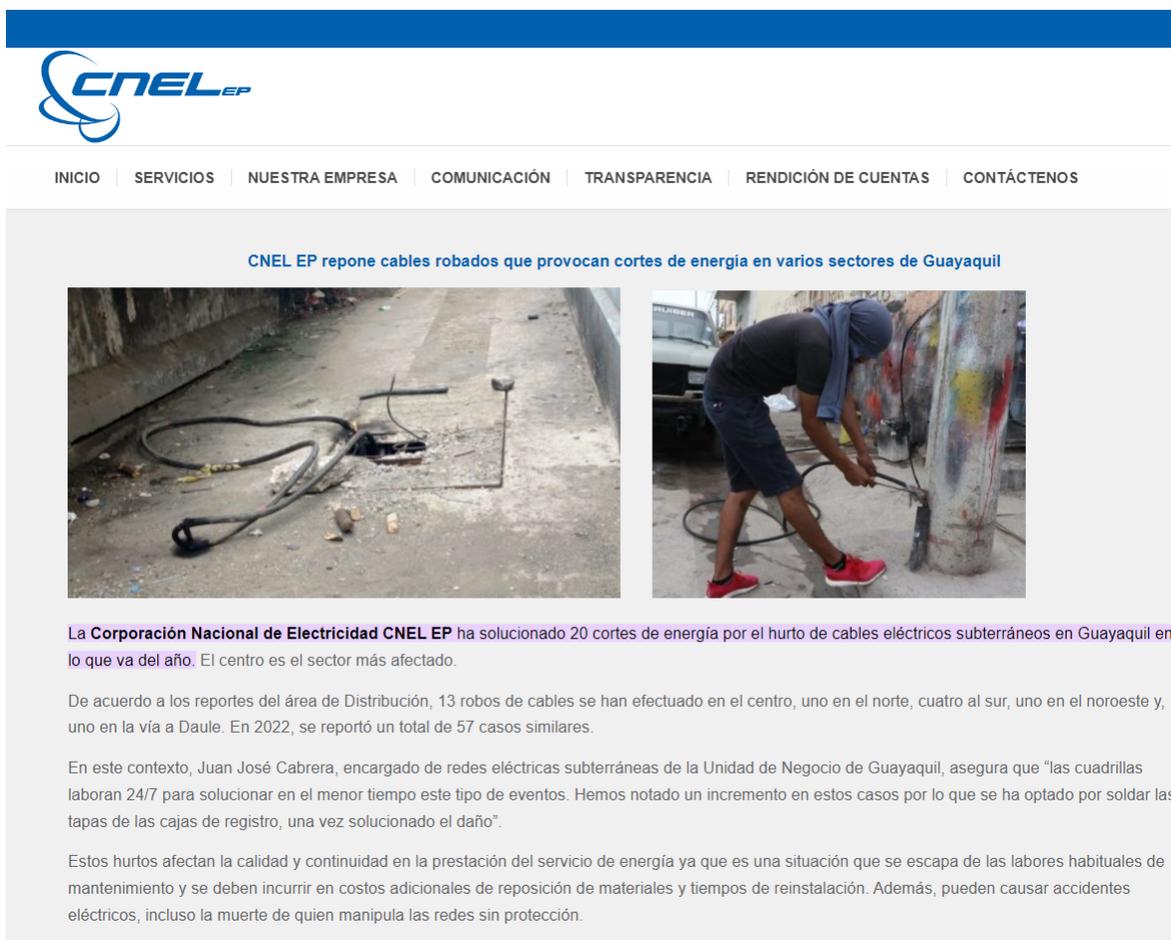


Figura B.1: Captura de pantalla de la red social de la empresa eléctrica Centrosur.



**CNEL EP**

INICIO | SERVICIOS | NUESTRA EMPRESA | COMUNICACIÓN | TRANSPARENCIA | RENDICIÓN DE CUENTAS | CONTÁCTENOS

### CNEL EP repone cables robados que provocan cortes de energía en varios sectores de Guayaquil



**La Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP ha solucionado 20 cortes de energía por el hurto de cables eléctricos subterráneos en Guayaquil en lo que va del año.** El centro es el sector más afectado.

De acuerdo a los reportes del área de Distribución, 13 robos de cables se han efectuado en el centro, uno en el norte, cuatro al sur, uno en el noroeste y, uno en la vía a Daule. En 2022, se reportó un total de 57 casos similares.

En este contexto, Juan José Cabrera, encargado de redes eléctricas subterráneas de la Unidad de Negocio de Guayaquil, asegura que "las cuadrillas laboran 24/7 para solucionar en el menor tiempo este tipo de eventos. Hemos notado un incremento en estos casos por lo que se ha optado por soldar las tapas de las cajas de registro, una vez solucionado el daño".

Estos hurtos afectan la calidad y continuidad en la prestación del servicio de energía ya que es una situación que se escapa de las labores habituales de mantenimiento y se deben incurrir en costos adicionales de reposición de materiales y tiempos de reinstalación. Además, pueden causar accidentes eléctricos, incluso la muerte de quien manipula las redes sin protección.

Figura B.2: Captura de pantalla de la página web de CNEL.

Inicio / Noticias / General / **LA EEASA ALERTA SOBRE HURTO DE CABLES QUE AFECTAN A LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO**

## LA EEASA ALERTA SOBRE HURTO DE CABLES QUE AFECTAN A LA CONTINUIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO

Boletín de prensa

Ambato, 22 de marzo

Según reportes técnicos del personal de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., en diferentes sectores del centro y la periferia de la ciudad de Ambato, se ha detectado el hurto de cables de cobre de los sistemas eléctricos soterrados, lo que afecta a la continuidad de servicio eléctrico en viviendas e incluso en los sistemas de alumbrado público.

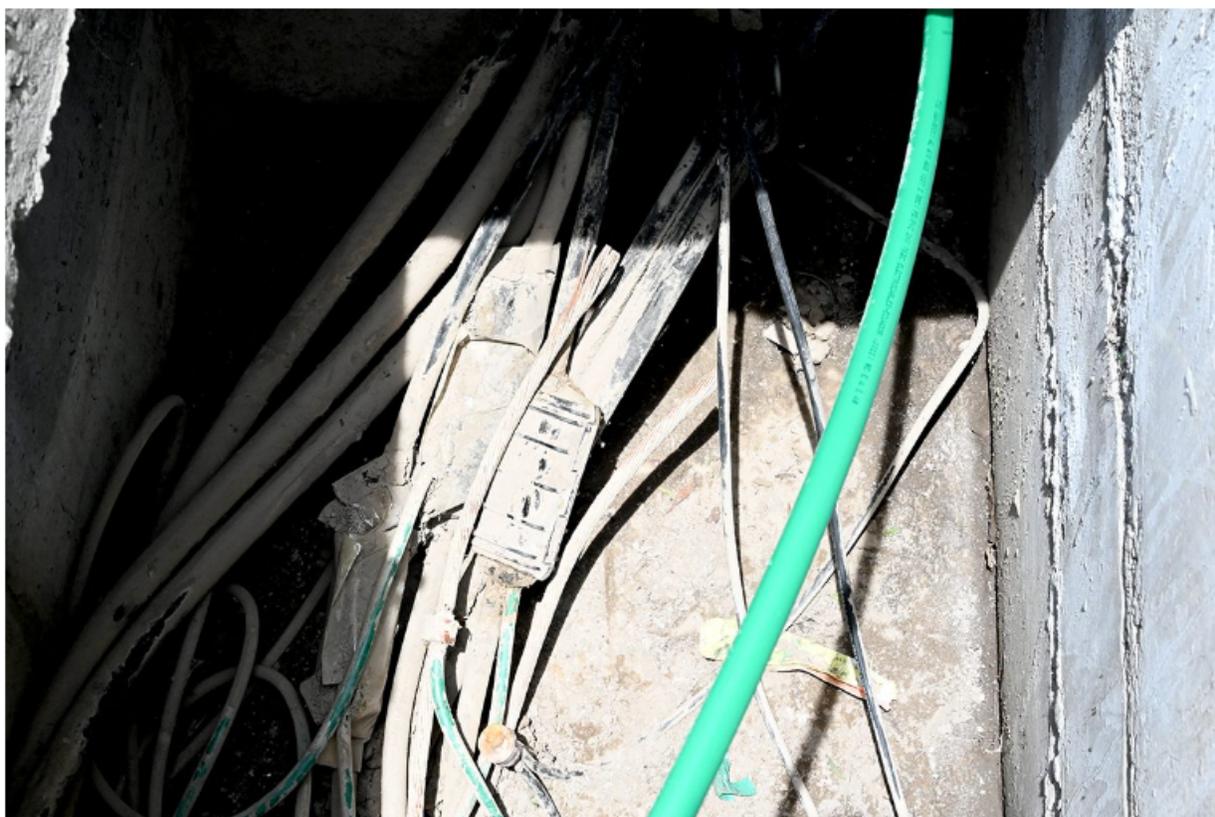


Figura B.3: Noticia referente al problema que sufre la EEASA.

¿Qué estás buscando?

**expreso** SUSCRIBIRME POR \$1/ 1 MES INGRESAR

ACTUALIDAD GUAYAQUIL QUITO OPINIÓN DEPORTES EXPRESIONES SEMANA CIENCIA PODCAST CLUB

**QUITO**

## El hurto de cables de electricidad se reporta con frecuencia en Quito

Hasta septiembre de 2023 se reportaron 250 casos.

[f](#)
[X](#)
[in](#)
[v](#)
[e](#)

IVONNE MANTILLA  
 Actualizado 20/10/2023 16:42

La Villaflores es uno de los sectores afectados por el robo. **HENRY LAPO**

Daños en la **infraestructura eléctrica**, **cortes de energía** y accidentes son algunas de las consecuencias de los **robos de cables eléctricos**. En Quito se han **reportado más de 250 casos**, hasta septiembre de 2023.

Este número representa que la ciudad ha perdido al menos **cuatro kilómetros de cables de cobre**.

**RELACIONADAS**

Cancelación de recital genera polémica

Lea también: Arresto domiciliario: Interior y Policía piden a la Corte una solución oportuna

**La empresa** indica que se han robado cables de bajo voltaje, conductores aéreos y subterráneos, acometidas de **cámaras de transformación** o pozos de revisión y otros. Esto ha traído afectaciones, como falta de servicio en los **diferentes sectores**.

### LO MÁS VISTO

- Un "Auto Fantástico" fue detectado durante operativos en Guayaquil  
 19 enero, 2024
- Barcelona vs. Sporting Cristal: día, hora y dónde ver el primer amistoso del Ídolo  
 19 enero, 2024
- Salcedo contó a Norero las comodidades de la Cárcel N° 4  
 18 enero, 2024

### ÚLTIMAS NOTICIAS

- El Milan y la Serie A muestran su apoyo a Maignan tras los insultos racistas  
 20 enero, 2024
- El Metro de Quito suspendió momentáneamente su servicio  
 20 enero, 2024
- MLB: Astros firman a Josh Hader por cinco temporadas y 95 millones  
 20 enero, 2024

Figura B.4: Captura de pantalla de la página web de la empresa eléctrica Quito.

Ecuador. 20 de enero de 2024  
Ecuador Continental: 21:06:30  
Ecuador Insular: 20:06:30

**EL TELÉGRAFO**  
EL DECAÑO DIGITAL

f t y i w q

PORTADA NACIONALES INTERNACIONALES DEPORTES OPINIÓN EMPRESARIALES TRANSPARENCIA **CLASIFICADOS**

COMPARTIR f t w

ACTUALIDAD

### Aumenta el robo de cables eléctricos de uno a cuatro diarios en Quito



El número de robos de cables eléctricos aumentó en los últimos tres meses, en la ciudad. ¿Cómo denunciar?

Foto: EEQ

ECUADOR TV

**LIVE**

PÚBLICA FM

**LIVE**

Pública FM

60%

NOTICIAS RELACIONADAS

- Quito: Municipio colocará cerramiento en zona de deslizamiento de Zámbriza  
El Municipio de Quito colocará cerramiento en zona de deslizamiento de Zámbriza
- Adulto mayor recibió arresto domiciliario por 'arsenal' en casa de Cumbayá  
Un adulto mayor recibió arresto domiciliario por arsenal encontrado en casa de Cumbayá.

Figura B.5: Noticia referente al problema que sufre la EE Quito.



INICIO | SERVICIOS | NUESTRA EMPRESA | COMUNICACIÓN | TRANSPARENCIA | RENDICIÓN DE CUENTAS | CONTÁCTENOS

## ROBO DE CABLES Y TAPAS EN POSTES OCASIONAN PELIGRO Y DAÑO A LA COMUNIDAD

12 julio, 2023 /



Más del 80% de cable conductor de la obra de soterramiento del alumbrado público en la vía a Quito, entrada a la ciudad hasta el Círculo de los Continentes, fue sustraído por delincuentes, dejando en la oscuridad a más de 200.000 habitantes, que utilizan esta arteria principal de ingreso a Santo Domingo.

Además del cable conductor, que fue hurtado hace dos semanas, la delincuencia no paró hasta robar incluso las tapas de los postes metálicos, causando peligro a los transeúntes, situación que puede generar graves daños en la humanidad de quien lo manipula.

Ante el robo desmedido de los bienes públicos, CNEL EP procedió a realizar trabajos de soldadura para evitar que sigan hurtando más conductor y generando peligro a la comunidad.

160 luminarias de alumbrado público que se ubican en la vía a Quito, desde el parque de la Juventud hasta el Círculo de los Continentes, se encuentran apagadas por este siniestro.

Figura B.6: Noticia referente al hurto que sufre el conductor soterrado en poste metálico por parte de CNEL.



Figura B.7: Capturas en Santa Elena

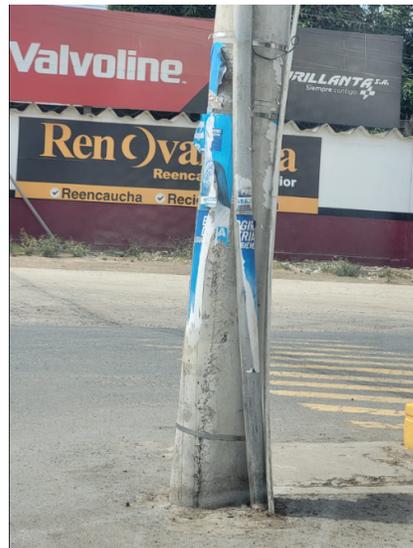


Figura B.8: Capturas en la entrada de Santa Elena



Figura B.9: Capturas en Vía Punta Carnero



Figura B.10: Capturas en Avenida Punta Carnero