



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Mejoramiento de Puesta a Tierra en la Subestación de Transformación de la  
Compañía Minera Quiruvilca S.A., Santiago de Chuco, La Libertad.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

Ávila Gamboa Lenin Johnson

**ASESOR:**

Ing. Carlos Sánchez Huertas

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Generación, transmisión y distribución de energía

**Trujillo – Perú**

**2018**

PAGINA DEL JURADO

**Título de la tesis**

**“Mejoramiento de puesta a tierra en la subestación de transformación de la  
Compañía Minera Quiruvilca s.a., Santiago de Chuco, La Libertad.”**

---

Lenin Ávila Gamboa

Presentada a la Escuela Académico Profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Aprobado por

---

Dr. Jorge Lujan López  
Asesor

---

Mg. Carlos Sánchez Huertas  
Secretario

---

Mg. Alex Tejeda Ponce  
Presidente

## DEDICATORIAS

*Al Padre, todo poderoso Por haberme admitido concurrir aun el final, por facilitarme la salubridad y por acompañarme en la órbita de mi biografía, por templar mi alma e desparramar mi mente, por memorizar a dignos individuos que son especiales que me apoyaron durante todo el período de estudio, haberme encasquetado saber para avanzar mis objetivos, y estar siempre en los días más difíciles de mi historia.*

*A mis hijos Myleni y Jostin, por ser mi iluminación para seguir superándome, para alcanzar las metas planteadas y la culminación del presente trabajo.*

*A mi hermana Jesica, por apoyarme incondicionalmente, sacrificando a su familia su firmeza y persistencia que lo caracterizan siempre.*

*A mis padres Ataliano y Celia, por su constante respaldo, confianza, por sus lecciones, sus valores en este inseparable período, que me han hecho con su firmeza de mi un ser de superación hacia el bien.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi fidelidad al todo poderoso, que es el sostén espiritual para poder desarrollar mi trabajo de tesis

A mi familia y en especial a mi hermana Jesica, mis hijos, y padres que me apoyaron en los días más difíciles de mi vida.

A las personas dignas que apoyaron positivamente para alcanzar mis objetivos propuestos en el desarrollo de mi vida como profesional.

## **DECLARACION DE AUTENCIDAD**

Yo Lenin Johnson Ávila Gamboa, con DNI 18076157, a objetos de trabajar con las estructuraciones actuales en dicha norma de Grados y Títulos de la Universidad Cesar vallejo. Siendo considerado el autor del proyecto, expongo lo siguiente.

Que el proyecto presentado con una técnica dirigida y organizada es veraz y fidedigno.

Lo cual manifiesto mi obligación ante la información errónea en dicho proyecto en donde contengo a lo acondicionado en la regla de dicha universidad.

Trujillo, junio 2018

---

Lenin Johnson Ávila G.

## **PRESENTACION**

Trujillo, junio del 2018

Señores Miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titula “mejoramiento de puesta a tierra en la subestación de transformación de la compañía minera Quiruvilca S.A., Santiago de Chuco, La Libertad.” La misma que entrego a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

**El autor**

## INDICE

DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DECLARACION DE AUTENCIDAD .....	v
PRESENTACION .....	vi
INDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos Previos.....	3
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	8
1.3.1. Sistemas de Puesta a Tierra .....	8
1.3.2. Tipos de Sistemas de Puesta a Tierra .....	8
1.3.3. Objetivos de una técnica de puesta a tierra.....	10
1.3.4. Factores que influyen en la resistividad.....	10
1.3.5. Seguridad en las Instalaciones Eléctricas.....	13
1.3.6. Medida de la resistividad del terreno .....	19
1.3.7. Diseño de puestas a tierra de acuerdo a la norma IEEE 80-2000.....	27
1.4. Formulación del problema.....	42
1.5. Justificación del Estudio.....	42
1.6. Hipótesis.....	43
1.7. Objetivos.....	43
1.7.1. Objetivo general .....	43
1.7.2. Objetivos específicos.....	43
II. MÉTODO .....	44
2.1. Diseño de investigación .....	44
2.2. Variables, Operacionalización.....	45
2.3. Población y Muestra .....	46
2.3.1. Población .....	46
2.3.2. 2.3.2. Muestra .....	46
2.4. Metodologías y herramientas de recolección de datos, validez y confiabilidad	47
2.5. Métodos de Análisis de Datos.....	47

2.6. Aspectos éticos.....	47
III. RESULTADO .....	48
3.1. Datos generales del sistema.....	49
3.2. Procedimientos para el proyecto de una protección de puesta a tierra .....	49
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIÓN.....	67
VI. RECOMENDACIONES .....	68
VII. REFERENCIAS .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores medios de la resistividad (La puesta a tierra de I.E Rogelio García) .....	11
<b>Tabla 2.</b> Resistividad según la naturaleza del terreno (La puesta a tierra de I.E Rogelio García).....	11
<b>Tabla 3.</b> Efectos fisiológicos ocasionados por la intensidad eléctrica circulando el cuerpo humano. (IEC 60479).....	14
<b>Tabla 4.</b> Factor de corrección de la densidad de intensidad que atraviesa el corazón.....	17
<b>Tabla 5.</b> Rango de resistividad del suelo. ....	34
<b>Tabla 6.</b> Efectos de la corriente en el cuerpo humano. ....	35
<b>Tabla 7.</b> Resistencias de puesta a tierra de sistemas eléctricos. ....	37
<b>Tabla 8.</b> Resistencia de medición de campo .....	50
<b>Tabla 9.</b> Factores de espaciamiento.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	La conductibilidad del terreno de las sales .....	12
<b>Figura 2.</b>	Diferenciación de la resistividad del terreno en función de temperatura.....	13
<b>Figura 3.</b>	Umbral de soportabilidad del cuerpo humano (IEC 60479) .....	18
<b>Figura 4.</b>	Principio de operación del equipo de medición .....	20
<b>Figura 5.</b>	Variación máxima de resistencia de tierra por desplazamiento del electrodo auxiliar “Y” .....	21
<b>Figura 6.</b>	Variación mínima de la resistencia de tierra por desplazamiento del electrodo auxiliar “Y” .....	22
<b>Figura 7.</b>	Medición de resistencia de tierra por el método del 62% .....	22
<b>Figura 8.</b>	Medición de resistencia de tierra no adecuada .....	23
<b>Figura 9.</b>	Medición de resistencia de tierra correcta de electrodos “X” y “Z” .....	24
<b>Figura 10.</b>	Medición de resistividad por el método de Wenner.....	26
<b>Figura 11.</b>	Voltaje de paso cerca de una estructura puesta a tierra. ....	36
<b>Figura 12.</b>	Voltaje de contacto a una estructura metálica.....	36
<b>Figura 13.</b>	Flujograma de procedimientos para obtener objetivos de la investigación.....	44
<b>Figura 14.</b>	Variables del proceso de estudio .....	45
<b>Figura 15.</b>	Curva de la resistencia medida del terreno en vs. Espaciamiento en metros tomados con el instrumento Fluke 1625. De la sub estación en análisis tomados con el método de Warner. (Autor).....	51
<b>Figura 16.</b>	Curva de la resistividad medida del terreno en -m vs. Espaciamiento en metros desarrollados con la formula (1.2) (Autor) .....	51
<b>Figura 17.</b>	Diagrama de malla.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Relación de sub estaciones en Morococho.....	71
<b>Anexo 2.</b>	Costos de soldadura exotérmica.....	71
<b>Anexo 3.</b>	Costos de varillas de pozos a tierra .....	72
<b>Anexo 4.</b>	Circuito equivalente tensión de paso .....	72
<b>Anexo 5.</b>	Circuito grafico de tensión de contacto .....	73
<b>Anexo 6.</b>	Situaciones básicas de shock eléctrico.....	73
<b>Anexo 7.</b>	Falla típica de externo transferido.....	74
<b>Anexo 8.</b>	Principios de la protección con puesta a tierra.....	74
<b>Anexo 9.</b>	Conexión a tierra mediante red mallada bajo suelo técnico .....	75
<b>Anexo 10.</b>	Diagrama de instalación de las picas del instrumento Fluke 1625 .....	75
<b>Anexo 11.</b>	X. fotos .....	76

## RESUMEN

El presente trabajo parte de la necesidad que tiene la Compañía Minera Quiruvilca, que no tiene un favorable técnica de malla a tierra, que garantice la seguridad de los técnicos y equipos al mostrar una falla en el medio eléctrico, se propone un mejoramiento óptimo para unas futuras instalaciones de puestas a tierras partiendo de las diferentes, normas y estándares actuales que garanticen el correcto funcionamiento del sistema.

Para coger un apunte que cumpla con las esperanzas, fue forzoso abocarnos a las pautas y estándares como el reglamento de consolidaciones eléctricas y el estándar que promueve buenas prácticas en el desarrollo manual, y sirven como direcciones para obtener el diseño de puesta a tierra de una correcta.

En el trabajo se plasma como parte fundamental, los diferentes tipos de sistemas de puestas a tierra, los objetivos principales de los sistemas de puestas a tierra, elementos primordiales que influyen en la resistividad del terreno, influencia de flujo de la intensidad eléctrica en los seres humanos. Métodos de datos de las lecturas tomadas del suelo, el proyecto de puesta a tierra donde dicha norma de IEEE 80 2000 tensiones de paso, contacto, malla y transferidas en el área y zona a proteger por la malla.

En el trabajo se ampliará las técnicas para el proyecto de una malla de puesta a tierra considerando los documentos normados, así como el análisis de los diversos métodos de aterramiento eléctrico; siendo el más empleado en el campo el método de Wenner.

### **Palabras clave:**

Cortocircuito, Impedancia, Resistividad, Resistencia, Tensión.

## SUMMARY

This work is based on the need of the Quiruvilca Mining Company, which does not have a good grounding system, which guarantees the safety of technicians and equipment by showing a failure in the electrical environment, an optimal improvement is proposed for some future installation of land starting from the different standards and current standards that ensure the correct functioning of the system.

To take a note that meets the expectations, it was necessary to focus on the guidelines and standards such as the regulation of electric consolidations and the standard that promotes good practices in manual development, and serve as directions to obtain the grounding design of a correct

In the work is reflected as a fundamental part, the different types of grounding systems, the main objectives of the systems of grounding, primordial elements that influence the resistivity of the ground, influence of flow of electrical intensity in beings humans. Methods of measuring the resistivity of the terrain, the grounding design according to the IEEE 80 2000 standard, step, contact, and mesh and transferred voltages in the area and area to be protected by the mesh.

The work will expand the techniques for the design of a grounding grid taking into account the normative documents, as well as the analysis of the various methods of electrical grounding; Wenner's method is the most used in the field.

### **Keywords:**

Short circuit, Impedance, Resistivity, Resistance, Voltage.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

La Compañía Minera Quiruvilca S.A, es una empresa minera en el segmento de la minería subterránea, la unidad está ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, a 3875 m.s.n.m., aproximadamente a 120 kilómetros de la ciudad de Trujillo, región La Libertad. El acceso es por la carretera liberteña Norte hasta la provincia de Trujillo y luego por vía afirmada pasando por el caserío de Shorey hasta el distrito de Quiruvilca.

Su actividad primordial es la explotación de minerales tales como plata, zinc, cobre y plomo.

Dentro de las labores mineras se cuentan con sub estaciones, winches de izaje, winches de arrastre, ventiladores, sistema de bombeo, bombas estacionarias, bombas sumergibles. Tableros arrancadores de los equipos, cables de media tensión, cargadores de baterías industriales, la línea trolley, faja transportadora.

Estos equipos cuentan con su sistema de puesta a tierra, debido al robo constante de cobre, los componentes quedan desprotegidos desactivados el sistema de protección, constantemente el personal de mina, presentan en las reuniones sus quejas sobre las descargas eléctricas o inducción al manipular los equipos.

Dentro de las instalaciones mineras las puestas a tierras de los equipos, duran unos meses, motivo por el cual se está realizando el estudio para evitar la sustracción de los sistemas a tierra y su mejoramiento de los mismos. Dentro de la inspección de pararrayos se verifico encontrándose el 50 por ciento inoperativo de protección de pararrayos por el robo de cobre y robo de estructuras.

El incremento de la minería, es cada vez más numerosa, debido al crecimiento de estas empresas incrementa el consumo de equipos eléctricos para la minería y por lo tanto también sus sistemas de puestas a tierra.

El descuido de verificar las técnicas de puestas a tierra y realizar sus mantenimientos conlleva a presentar las fallas, inducción bajo aislamiento,

cortocircuitos, descargas atmosféricas entre otros como sobre tensiones. Estas desgracias, ocurren muchas veces al no tener una favorable técnica de puesta a tierra.

Ha surgido la inquietud para proteger eficientemente nuestros equipos y la manera de trabajar en forma segura en la entidad minera, es cuando los equipos eléctricos estén bien protegidos contra posibles anomalías ya mencionados anteriormente que pueden producirse en cualquier momento.

El valor de una puesta tierra, no solamente en la minería si no en todas las entidades, la resistencia debe ser bajo, de tal forma que, en una posible sobretensión de energía eléctrica, la corriente fluya rápidamente hacia la tierra. El concepto de proteger los equipos eléctricos de las minas y el personal mediante una puesta a tierra.

En los E.E.U.U, la oficina de minas recomendó conectar a tierra las carcasas como medio de prevención de descargas eléctricas para los mineros que trabajan en o alrededor del equipo eléctrico.

Una conexión a tierra adecuada ha sido un problema difícil para la industria minera, a veces más compleja y desafiante que en otras industrias. Los peligros asociados con fallas a tierra son amplificados por la naturaleza de los equipos móviles, con puestas a tierra que están interrelacionadas a otros equipos o sistemas.

En nuestro país la minería es la principal industria, genera grandes recursos y está en constante crecimiento. La seguridad para equipos y personas debe cumplir la normativa, la cual es dinámica y cada vez más exigente. Las normativas nacionales no detallan técnicamente las puestas a tierra de la minería.

Existe una variedad de métodos para realizar el técnica de puesta a tierra en subestaciones, por lo que la instalación de una técnica de puesta a tierra se elabora de una forma práctica y de la experiencia.

Se podría mostrar numerosos perjuicios que ponen en peligro los equipos, la secuencia del servicio y la vida de las personas presentes en la subestación al momento de ocurrir la falla, obligando a implementar otros métodos de diseño para realizar la puesta a tierra de forma confiable.

Sin embargo la Compañía Minera Quiruvilca del Departamento La Libertad, se han presentado en diversos sectores de la Mina y Planta problemas con los hurtos de cobre, las corrientes de fugas a tierra, que ocasionan deterioro de los dispositivos de arranque y maniobra de motores, amagos de incendio, los que causan pérdidas de producción, equipos y accesorios eléctricos, además de generar inseguridad de operación.

Se observa que se han realizado instalaciones, sin el análisis correspondiente de ingeniería, además de falta de adecuado mantenimiento, como:

- Falta de registro de medición de las técnicas de puesta a tierra de algunas sub estaciones.
- Por la antigüedad de la mina no se ha detectado las cajas de registros.
- Sobre corrientes, debido a elevada caída de tensión.
- Disminución de la distancia aislamiento
- Sobretensiones de maniobra o por descargas atmosféricas, comunes en asientos mineros.

Por lo anteriormente dicho, este trabajo de investigación plantea la elaboración de una tesis, para mejoramiento de un método de puestas a tierra para subestaciones, que sea confiable y menos empírica, utilizando para ello tecnología adaptada a los nuevos avances y respetando las normas.

## **1.2. Trabajos Previos**

### **1) Universidad de la Salle**

“Simulación de la malla de tierra en sub estaciones de alta tensión aislada en aire”

Autor:

Norman Darío Castaño

Bogotá, 2014



## **Conclusiones.**

El dato de diseño esencial según el autor a la hora de diseñar se debe tener en cuenta los voltajes de paso y contacto se debe considerar el criterio del total de puesta a tierra, de acuerdo al nivel de mayor tensión.

Los tiempos de despeje de falla de las protecciones usadas en la actualidad son mucho más rápidos que los considerados en el ejemplo desarrollado. Esto implica por un lado que el diseño obtenido es conservador presentando un factor de seguridad adicional, y por otro lado, implica un potencial de ahorro, ya que el uso de tiempos de disparo más realistas pueden los alcances de voltajes de golpe y pasó.

Según la metodología IEEE80-2000, se encontró y comprobó que, con la ayuda de una herramienta computacional, se puede calcular rápidamente. El resultado de este trabajo ha sido la automatización de los cálculos teniendo en cuenta todas las posibles combinaciones de parámetros de diseño. La herramienta desarrollada ha permitido una mejor integración entre el hombre y la máquina en el proceso del proyecto del tejido de tierra de las subestaciones, garantizando al mismo tiempo condiciones de operación seguras para el personal que transita dentro y en cercanías de las subestaciones.

## **2) Universidad Politécnica Salesiana**

Diseño de sistema de puesta a tierra de la estación repetidora el Alisal para sistema de telecomunicaciones de movistar

Autor:

Duche C. Emerson y Miñan M, Wily

Guayaquil- diciembre 2013

## **Conclusiones**

El dato de la resistividad del terreno es modificado por las estaciones del año en cuanto a temperatura medio ambiente.

Es necesario realizar el estudio de la resistencia del terreno para realizar la puesta a tierra de la malla.

Las mallas requieren grandes áreas de terreno para obtener valores bajos.

El autor en sus estudios en los cálculos realizados, la diferencia de potencial de paso y contacto son menores que los máximos permitidos, la puesta a tierra garantiza su confianza a los seres humanos.

### **3) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**

Propuesta de mejoramiento del sistema de puesta a tierra del centro de cómputo alterno del banco internacional de la ciudad de Guayaquil.

Autor:

Franco P, José Alejandro

Guayaquil- Ecuador 2014

#### **Conclusiones**

En el estudio por el autor, la idea de mejora de la técnica de puesta a la tierra del en las conexiones o intersecciones de los conductores utilizado las conexiones exotérmicas, las más viables y confiables.

### **4) Universidad de San Carlos de Guatemala**

Análisis del sistema de puesta a tierra de la sub estación Guatemala este

Autor:

Miguel Ángel Ajín Monroy

Guatemala, octubre del 2012

#### **Conclusiones**

Se debe mantener las conexiones eléctricas en las sub estaciones por medio de conductores de cobre en forma permanente.

La subestación cuenta con registros de monitoreo para mostrar el deterioro de la malla de cobre.

Las mediciones realizadas en el terreno de la subestación Guatemala Este mostraron que la resistividad es homogénea, por lo que el proyecto

teórico de la puesta a tierra propuesto, es por la técnica de una capa de tierra.

Si la dimensión de la malla se redujera, el voltaje tolerable es más seguro, pero se convierte en una instalación antieconómica.

Si la cuadrícula fuese más grande, por ejemplo, quince metros por lado, los datos de tensión de paso y de contacto no variarían.

## **5) Instituto Politécnico Nacional (Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Electricidad)**

Diseño e instalación de una subestación unitaria de 34.5KV.

Autores:

Vieyra Colín, Álvaro

De Olmos Ramírez, Alexis

México, 2013

### **Conclusiones**

Se desarrolló en base a los objetivos, los cuales fueron llevadas a cabo el progreso del diseño de una subestación eléctrica y el progreso de las especificaciones técnicas tomando en cuenta los juicios de normatividad para subestaciones eléctricas.

Para sus resultados fue necesario comprender los componentes y elementos de una subestación. El voltaje para el proyecto fue de 34.5 kV. por secciones.

La impórtate de una subestación eléctrica es corregir enteramente las insuficiencias de abastecimiento y reglamento de energía eléctrica, es por ello que requiere de bienes de eficacia y aparatos con tecnología.

## **6) Universidad Nacional de Ingeniería**

Propuesta de Metodología Para el Análisis y Estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica

Autores:

Roger Joaquín Nicaragua Carballo

Fernando Ariel Rivera Ramíre

Managua, 2017

### **Conclusiones**

Los datos a medirse de corriente se pueden realizar en cada conductor en forma directa de suministro, el cable eléctrico de puesta a tierra y el cable eléctrico de neutro.

La metodología desarrollada en este proyecto está basada en las normas nacionales e internacionales vigentes relacionadas con la medición, monitoreo y recopilación de datos de las perturbaciones de calidad de energía eléctrica.

Se logró plantear una metodología la cual permitirá ser aplicada en los estudios de calidad de la energía eléctrica.

## **7) Universidad Técnica de Cotopaxi**

Implementación general del sistema de puesta a tierra en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Mana.

Autor:

Vergara Camacho Jaime Alejandro.

La Maná – Ecuador. Noviembre, 2014

### **Conclusiones**

Se realizó la puesta a tierra realizando todos los pasos que se exponen en el estudio de una manera cuidadosa llegando a una buena conclusión de resistividad del terreno.

Los cálculos eléctricos se ejecutan con aparatos de alta calidad idóneo de resistir la naturaleza de la intensidad ya sea alterna o continua o pulsante.

Según el autor puso en práctica las disciplinas de Protecciones Eléctricas e Instalaciones Eléctricas.

Se realizó el análisis de cargas para que el generador eléctrico trabaje en las excelentes situaciones. Se estableció la demanda real de energía eléctrica de la institución y se ejecutó un arqueo de cargas.

Según el autor el tiempo se aprovechó para que los alumnos tengan un excelente desarrollo académico. Se logró mejorar las actividades de estudio y administrativas por falta de energía eléctrica.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Sistemas de Puesta a Tierra**

Según (Daza Guzman , Gomez Cera, & Peña Acosta , 2012) es la agrupación de piezas de cables eléctricos de una técnica eléctrica sin ningún tipo de interferencias, que conecta los dispositivos eléctricos con una estructura metálica y la malla de puesta a tierra, reducen los voltajes de cuerpos metálicos que se posicionan con inducciones eléctricas.

Estas técnicas de puesta a tierra, permiten la dirección hasta el suelo de fugas eléctricas por anomalías, descargas atmosféricas, o electricidad estática, tienen los contenidos de desviarse en varias ramificaciones y pérdida de energía eléctrica por las anomalías.

Los establecimientos eléctricos deben contar con una técnica de malla a tierra, que afirme desde distintas ubicaciones hacia donde puedan estar o circular seres humanos sea considerado seguro, a los voltajes de contacto, de paso; esto por el hecho de que no se deben superar los umbrales que soportan los seres humanos cuando se presente una deficiencia.

#### **1.3.2. Tipos de Sistemas de Puesta a Tierra**

Enunciamos los siguientes:

- **Sistema de puesta a tierra para sistemas eléctricos:**

Para (Vasquez Muñoz, 2016) aterrizar los sistemas eléctricos es bajar la tensión elevada por los rayos, anomalías de inducción o de contactos no intencionales. A través de una conexión, con un cable adecuado a la intensidad de anomalía para tierra total.

- **Sistema de puesta a tierra para equipos eléctricos:**  
 Este sistema se utilizado (Vasquez Muñoz, 2016) para enlazar a tierra todos los equipos eléctricos de una red, en operaciones normales y no estén sumisos a voltajes, en caso de presentar anomalías como tensiones a consideración a tierra debido de anomalías eventuales en los instalaciones eléctricos, sin embargo los lugares de los circuitos eléctricos en los que es preciso formular una asociación a tierra para dar mayor confiabilidad.  
 Su fin es excluir las fallas de contacto que obtuvieran poner en riesgo de los seres y los bienes.
- **Sistema de puesta a tierra para señales Electrónicos:**  
 En este sistema (Vasquez Muñoz, 2016) se aterriza entre revestimientos de cada uno acoplados a una informe cero para líneas de datos o a tierra. Para evitar disturbios con signos en frecuencias desiguales a la querida ocasionados por descargas eléctricas.
- **Sistema de puesta a tierra de protección Electrónica:**  
 Se colocan (Vasquez Muñoz, 2016) aparatos de defensa de manera de poner un tope a los picos de elevada voltaje unidos entre los conductores enérgicos y tierra Para evitar el desastre de los elementos semiconductores por sobre voltajes, la lectura a tierra alta en esta técnica debe ser de unos 2 ohm.
- **Sistema de puesta a tierra de Protección Atmosférica:**  
 Se alcanza (Vasquez Muñoz, 2016) con una malla de cobre a tierra metálica para evitar la diferencia de potencial, que envuelve los aparatos o zonas a resguardar y se concede con varillas tipo copperweld. Este sistema se emplea para fluir la intensidad por descargas atmosféricas, sin mayores daños a los seres humanos o propiedades.
- **Sistema de puesta a tierra de protección electrostática:**  
 Según (Vasquez Muñoz, 2016) logra acoplando unas cantidades dieléctricas y metálicas; manipulando el sistema a tierra como

informe de tensión cero. Se utiliza para anular las cargas electrostáticas generadas en los materiales dieléctricos.

### **1.3.3. Objetivos de una técnica de puesta a tierra**

Podemos resumir en los siguientes:

- Es un sistema el cual brindara seguridad y protección tanto para personas animales y equipos.
- Es un sistema que va a priorizar la seguridad y durabilidad de los materiales a utilizarse.
- La primera finalidad de una técnica de puesta a tierra en la instalación eléctrica, en general, son: proteger a los seres humanos que se encuentren en dicha instalación, o en sus alrededores para que no descargue energía eléctrica por falla.
- Va a garantizar la operatividad de los equipos existentes y además va a asegurar el suministro de energía eléctrica.
- Es un proyecto que tiene como garantía a la norma Std. 80 IEEE 2000 "Guidefor Safety in AC Substation Grounding" cuyo propósito es proveer una normativa y brindar la búsqueda adecuada y necesaria para realizar un diseño de puesta a tierra en sub estaciones eléctricas.

### **1.3.4. Factores que influyen en la resistividad.**

La resistividad varía de acuerdo al terreno y no es firme en el tiempo, es afectada por varios factores sales solubles, temperatura, naturaleza del terreno y la humanidad. (García Márquez, 1999)

Los siguientes factores son los siguientes:

- **La Composición del Terreno**

Los (Garcia Marquez, 1999) diferencia de los suelos va a variar de la resistividad según su composición; de igual manera las clases de terreno varían sus datos, donde los granos finos presentan poca resistividad en cambio los de granos gruesos suelen tener mejor resistencia. Sin embargo, se precisa mencionar que los

datos que se encuentran en las prácticas pueden variar en terrenos, orgánicos, húmedos y para granitos secos.

Para valores inmediatos de la resistencia de tierra pueden manejar los datos medios.

**Tabla 1.** Valores medios de la resistividad (La puesta a tierra de I.E Rogelio García)

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad en $\Omega \cdot m$
• Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos.	50
• Terraplenes cultivables poco fértiles, terraplenes.	500
• Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables.	3000

Analizando la tabla no 2 se puede observar que como varia la resistividad del terreno de acuerdo a su composición.

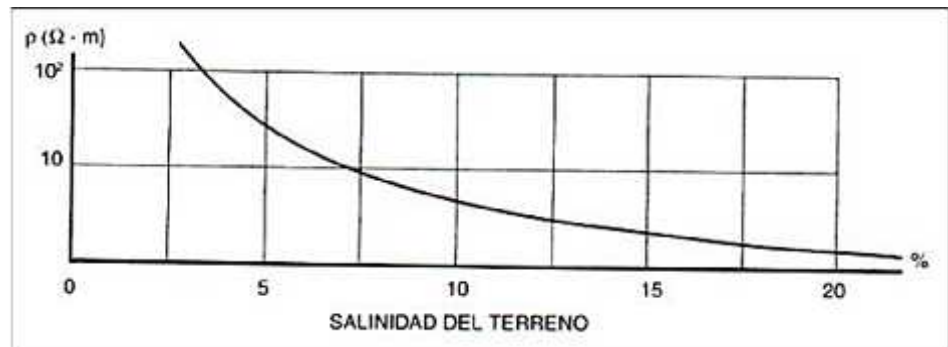
**Tabla 2.** Resistividad según la naturaleza del terreno (La puesta a tierra de I.E Rogelio García)

Naturaleza del terreno	Resistividad en $\Omega \cdot m$	
	De algunas unidades	
Terrenos pantanosas	30	
Limo	20	100
Humus	10	150
Turba húmeda	5	100
Arcilla plástica		50
Margas y arcillas compactas	100	200
Margas del jurásico	30	40
Arena arcillosa	50	500
Arena silíceo	200	3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300	500
Suelo pedregoso desnudo	1500	3000
Calizas blandas	100	300
Calizas compactas	1000	5000
Calizas agrietadas	500	1000
Pizarras	50	300
Rocas de mica y cuarzo		800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500	10000
Granitos y gres muy alterados	100	600
Hormigón	2000	3000
Balasto o grava	3000	5000



## Las sales solubles y su concentración

(García Marquez, 1999) Al aumentar las sales y después agregar agua básicamente penetran al fondo del terreno disminuyendo la resistividad, la conductibilidad del suelo, esto es la conducción de la intensidad tiene lugar, principalmente mediante el compuesto químico desarrollado por las sales y el agua.



**Figura 1.** La conductibilidad del terreno de las sales

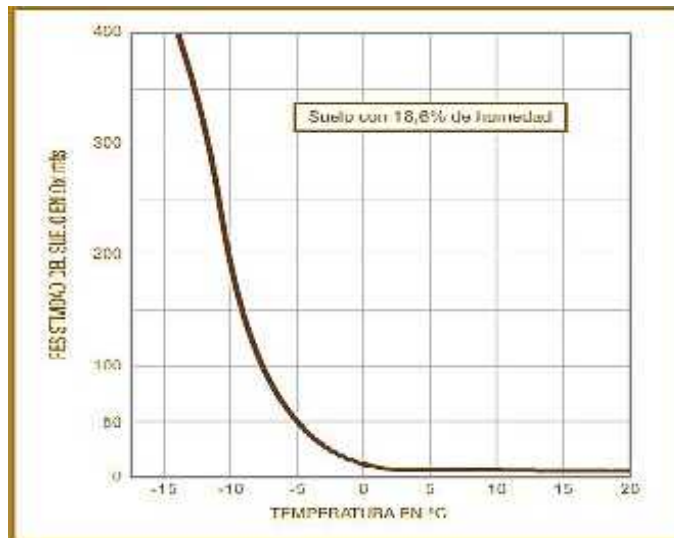
**Fuente:** Rogelio García

## El estado higrómetro del terreno

En este aspecto cabe mencionar que el valor de la humedad no es constante, ya que varía, de acuerdo a la estación del año, del subsuelo, la profundidad, el clima y la situación del nivel freático, e incluso a las zonas desérticas, de acuerdo a la intervención de dichos elementos se podrá usar recubriendo de grava por el motivo de conservar la higrometría del suelo (García Márquez, 1999).

## La temperatura

En el orden que baja el clima, la resistencia del suelo empeora y asciende se atribuye mucho al descender la temperatura 0C, hasta el punto que, el orden que asciende la medida de agua en estado de congelación, La resistencia crece cuando reduce la temperatura. (García Márquez, 1999).



**Figura 2.** Diferenciación de la resistividad del terreno en función de temperatura

Fuente: Rogelio García

### **La Granulometría.**

Se refiere al tamaño de las partículas del suelo y el conocimiento. Es un componente significativo que interviene sobre la porosidad, a la vez retiene el poderío de la humedad y la calidad de contacto con las jabalinas de esa manera incrementara la resistencia con el aumento volumen de las partículas (García Márquez, 1999)

#### **1.3.5. Seguridad en las Instalaciones Eléctricas.**

Cuando se va a realizar el proyecto se deben tener en cuenta la seguridad correspondiente. Así mismo tener cautela en el diseño; porque de ella dependerá la integridad de los seres humanos y de las instalaciones sin embargo considerar la diferencia de potencial de la malla en la superficie.

#### **Consecuencia de circulación de la corriente eléctrica en las personas.**

La consecuencia del flujo de la intensidad a través del ser humano va a depender de su magnitud, de los Hertz, y el tiempo. El resultado más peligrosa es una contracción incontrolable de fibras musculares,

al tener un contacto directo con la intensidad. (Daza Guzman , Gomez Cera, & Peña Acosta , 2012)

El contacto de la corriente eléctrica por el cuerpo de un ser humano puede tener efectos desde lesiones físicas hasta la muerte.

A continuación, se mencionan los siguientes efectos.

- Asfixia: el flujo de la intensidad que circula por el cuerpo humano provoca la contracción muscular de los pulmones y la respiración, produciendo así un paro respiratorio.
- Tiranización: es la pérdida de control de brazos y piernas por el paso de la intensidad eléctrica.
- Fibrilación ventricular: El corazón deja de bombear y si los latidos de paralizan en un segundo la persona puede desmayarse y producir la muerte (Perez, 2011)

Factores que influyen en el cuerpo humano por el flujo de la intensidad veremos a continuación:

### **Influencia de la intensidad eléctrica**

La corriente  $I$  que circula por el cuerpo humano  $RC$ , según la ley de Ohm es:  $I \times RC = V$ . por lo tanto, los efectos fisiológicos producidos sobre una persona adulta, ocasionan daños irreparables e incluso la muerte.

**Tabla 3.** Efectos fisiológicos ocasionados por la intensidad eléctrica circulando el cuerpo humano. (IEC 60479)

<b>Intensidad (mA)</b>	<b>Efectos fisiológicos</b>
0,4    1,2	Umbral de percepción: detención de leve sensación de cosquilleo.
1,2    6	Corrientes de reacción: sensibles, pero inhabilitan el control muscular.
6    9	Umbral de contracciones musculares involuntarias y calambre.
9    25	Incapacidad para deslingarse; dificultad para respirar; aumento de la presión arterial; contracciones musculares violentas.
26    50	Paralización de la respiración; fuerte tetanización; quemaduras.
51    100	Umbral de fibrilación ventricular y arritmias cardiacas.
Sobre 100	Cesa circulación sanguínea; hidrolisis de la sangre.
1000	Fibrilación y paro cardiaco; quemaduras muy graves

Según la norma IEC-60479/2005 indica que para corrientes sinusoidales, las consecuencias de la intensidad eléctrica que fluyen por el ser humano a una frecuencia comprendida entre 15 Hz y 100 Hz. (Perez, 2011)

**a) Umbral de percepción**

Esta sensación es percibida en corriente alterna en todo momento, en cambio la corriente continua, la apreciación en cambio se obtiene durante la variación de la corriente. Según la norma IEC-60479/2005 considera un umbral de sensación de 2 m.A en corriente continua y 0.5 m.A en corriente alterna.

Considerando intensidades y tiempo de contacto iguales, la corriente continua tiene menores efectos que la alterna. (Perez, 2011)

**b) Umbral de reacción.**

Contracción muscular ocasionada por el dato mínimo de la intensidad que circula por una persona.

**c) Umbral de no soltar**

La persona según (Perez, 2011) mantiene control muscular, al valor máximo de la intensidad. En corriente alterna este valor es 10mA. Independiente del tiempo que permanece y en corriente continua es 25 mA. El efecto térmico provocado por la corriente está presente durante todo el periodo de paso de la corriente.

El encogimiento de los músculos y los valores de no soltar afirman la dificultad, que, al quedar contraídos, incapacitan a la persona a dejar el cable, cada vez que los músculos extensores son menos potentes que los músculos flexores.

**d) Umbral de fibrilación ventricular.**

La corriente en su menor valor logra ocasionar la fibrilación ventricular, causa principal de la muerte La fibrilación ventricular está estimada como la consideración importante del fallecimiento por contacto eléctrico. Durante el tiempo de exposición. Por lo

expuesto que el umbral de fibrilación para intensidades de c.a. notablemente mayor que para intensidades de c.c. alterna. [1]

Según Dalziel, en 70 a 100 mA, Se analiza una equitabilidad en medio del peso corporal y la corriente requerida para la fibrilación ventricular, instalándose en este umbral.

Este parámetro depende de:

La trayectoria seguida por la corriente

Los coeficientes sin embargo los que hay que multiplicar la intensidad que cruza el corazón cuando el trayecto según la CEI 479-84 es diferente del cruce a las extremidades superior derecho a extremidades inferiores.

Por modelo, la intensidad de 200 mA con trayecto mano izquierda a espalda, tiene el equivalente:

$$0,7 \times 200 = 140 \text{ mA}$$

El camino mano izquierda-pie.

$$1 \times 200\text{mA} = 200 \text{ mA según valor.}[7]$$

### **El valor de la resistencia en el cuerpo humano**

El cuerpo humano va a variar la resistencia según la superficie de contacto, la presión, la tensión, la temperatura y la humedad, dando así valores diferentes, y actuando como un semiconductor.

Las impedancias de la epidermis pueden considerar como una red de resistencias y volúmenes, habiendo prevalecer que para diferencias de potencial de contacto de algunos valores de tensiones. (Garcia Marquez, 1999)

### **El tiempo de paso y la amplitud de la corriente**

Según (Garcia Marquez, 1999) han confirmado que la corriente para la contracción muscular está vinculada al tiempo del flujo. Es otro de los factores la variación entre el espacio entre la resistencia y la piel considerando que ha sido objeto de numerosos trabajos.

Se proporciona en el gráfico de la figura 3, las líneas de riesgo de la intensidad eléctrica en situación del período de paso de la corriente por la persona.

Zona 1: No hay reacción.

Zona 2: No hay fisiopatológico peligroso.

Zona 3: No hay riesgo de fibrilación.

Zona 4: Viable contracción de fibras cardíacas (posibilidad del 50%).

Zona 5: Peligro de fibrilación (posibilidad mayor al 50%). (Ramirez Castaño & Cano Plata, 2010) (Garcia Marquez, 1999)

**Tabla 4.** Factor de corrección de la densidad de intensidad que atraviesa el corazón  
(La puesta a tierra de instalaciones eléctricas. Rogelio García).

Trayectoria de la corriente	Factor de corriente del corazón, F
Mano izquierda – pie derecho	1
Mano izquierda – pie izquierdo (Perez, 2011)	1
Mano izquierda – dos pies	1
Dos manos – dos pies	1
Mano derecha – mano izquierda	0,4
Mano derecha – pie izquierdo	0,8
Mano derecha – pie derecho	0,8
Mano derecha – dos pies	0,8
Mano derecha – espalda	0,3
Mano izquierda – espalda	0,7
Mano derecha – pecho	1,3
Mano izquierda – pecho	1,5
Mano izquierda – nalgas	0,7
Mano derecha – nalgas	0,7
Dos manos – nalgas	0,7
Pie derecho – pie izquierdo	0

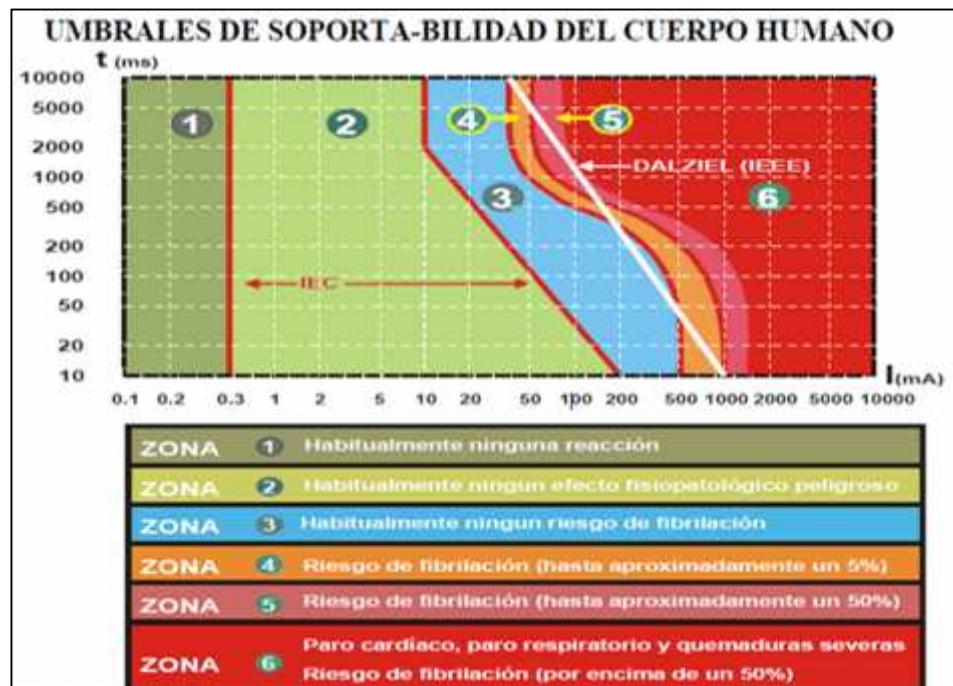
**e) Umbral de sensibilidad.**

Las mujeres destacan con una elevada perceptibilidad, por el paso de intensidad que los hombres. Si se evalúa este umbral sobre distintos órganos, del mismo modo se pone de palpable la diferente perceptibilidad de los mismos.

Debemos tener en cuenta que, el tejido más sensitivo del cuerpo es la retina (100 veces más que la mano). (Perez, 2011)

**f) Muerte aparente**

Según (Garcia Marquez, 1999) indica que cuando hay una descarga eléctrica, la corriente ingresa al organismo, esto impide que la persona pueda soltarse con facilidad, porque en ese momento las funciones vitales se detienen, lo que va a desencadenar un posible fallecimiento del individuo, cuando la corriente es de 20 a 30 mA, el impacto puede frenar el sistema respiratorio provocando que los elementos se detengan, entonces si la persona que recibe la descarga puede soltarse, y se le presta auxilio oportuno puede llegar a sobrevivir antes que le dé un infarto



**Figura 3.** Umbrales de soportabilidad del cuerpo humano (IEC 60479)

En el gráfico se muestra las diferentes zonas de umbrales de soportabilidad, que se señala a continuación.

- 1) Regularmente, no presenta reacción.
- 2) Regularmente, no presenta impacto físico en el cuerpo.
- 3) Consecuencias que pueden causar enfermedades no perjudiciales, usualmente reversibles, como problemas de respiración, engrandecimiento de la presión arterial, movimientos en la formación y difusión de los impulsos en el corazón, además fibrilación auricular y detenidas temporales cardíacas, sin fibrilación ventricular.
- 4) Es asequible que se presente efectos fisiopatológicos elevando así la intensidad y el lapso, así como detención cardíaca, detención respiratoria y llagas graves. (García Marquez, 1999)

#### **Influencia de la frecuencia de la corriente**

Según (García Marquez, 1999) los impactos de la corriente eléctrica con una frecuencia de 60 o 50 Hz son sensibles en las personas con corrientes de 0,1 amperios, que pueden causar la muerte. Sin embargo como frecuencias entre 10 y 1000 Hz se realizan ligeramente cuando la frecuencia desarrolla.

Según Dalziel y Mansfielse concreta que el ser humano permite tolerar una intensidad un poco elevada a 25 Hz y en intensidad directa es grande cinco veces más, donde confirman que intensidades más grandes pueden soportarse a frecuencias entendidas entre 3.000 Hz a 10.000 Hz, según la norma IEC 60479-2 1987.

#### **1.3.6. Medida de la resistividad del terreno**

Para medir la resistencia del terreno es necesario hallar la profundidad y el grueso de las capas de los suelos, así mismo para encontrar los valores óptimos para una instalación de una malla tierra.

Debemos considerar que para medir un terreno se debe emplear un instrumento



Terrómetro , teluómetro o megger con cuatro terminales.

### Métodos de medida

Los valores de la resistividad basadas en una lectura de suelos son insuficientes para el diseño. Se realizará mediciones en diversos lugares del predio de la sub estación para poder saber sus características geo eléctricas. Sin embargo, si el terreno no es uniforme se empleará las metodologías de Wenner o Schulerberger, obteniendo la resistencia equivalente.

Normalmente, se encontrarán varias capas de diferente resistividad eléctrica. El número de mediciones a efectuar será mayor si es mayor la propagación, en especial si los datos hallados son altos. En otros casos, se utilizará la técnica consistente en tomar datos de la resistencia del suelo de una varilla, el método de 3 electrodos y el método de 4 terminales.

### Principio de funcionamiento del medidor de resistencia del suelo (por la técnica de la diferencia de potencial o de 3 puntos).

Por lo general los instrumentos de equipos de medida de resistencia de suelo, usan el principio de diferencia de potencial de circulación de intensidad alterna entre un electrodo auxiliar y el electrodo bajo experiencia, la lectura se da en ohm. Y representa la resistencia de la varilla de tierra alrededor de la tierra. La diferencia de potencial entre dos varillas "X" y "Y" es medido por un voltímetro, y la corriente que fluye entre las varillas "X" y "Z" por un amperímetro.

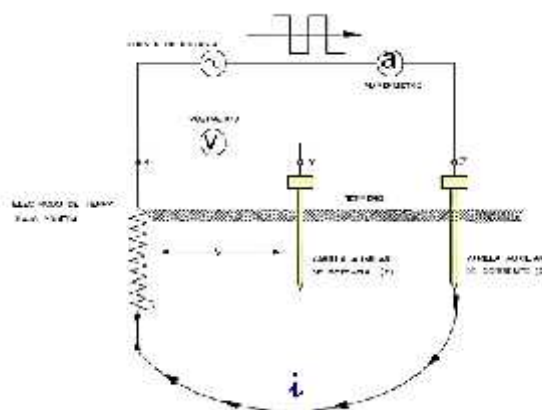
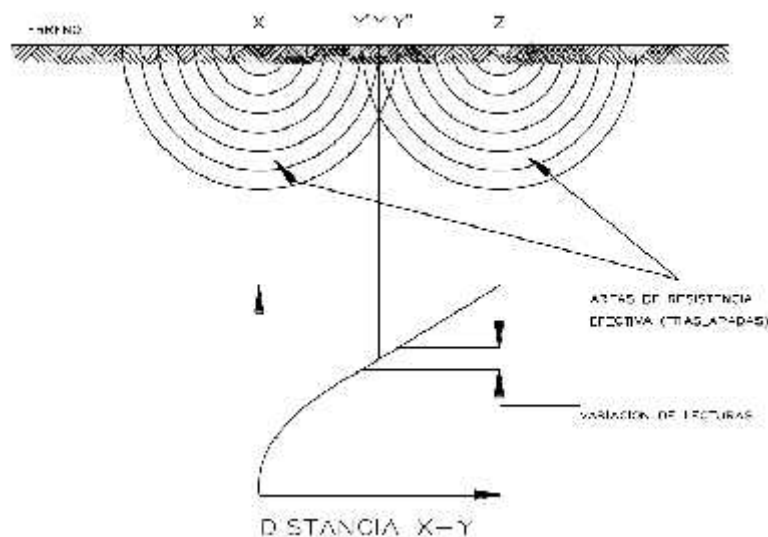


Figura 4. Principio de operación del equipo de medición

### Posición de los electrodos auxiliares para la medición.

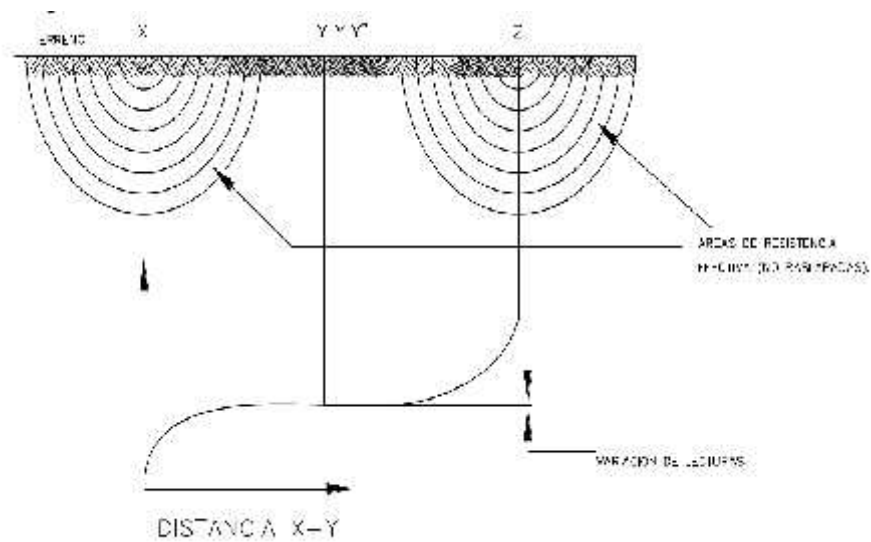
Los electrodos del dispositivo de medida de resistencia de tierra se deben clavar en el terreno en forma lineal a partir del electrodo de prueba o a partir del perímetro del área del sistema, placa o malla en forma radial o perpendicular. El mejor camino para encontrar la medición correcta será cuando la varilla auxiliar de potencial "Y" esté fuera de los espacios de resistencia al moverse entre los puntos "X" y "Z", tomando las lecturas correspondientes.

Si la barra auxiliar de potencial "Y" se encuentra en un espacio de resistencia práctica, por desplazamiento de esta última se pueden tener datos que alteran notablemente. Bajo estas condiciones los valores de resistencia de tierra medidos no son muy exactos ( Segura Teran., Vitela Artega., & De Marcos Miñon, 2010).



**Figura 5.** Variación máxima de resistencia de tierra por desplazamiento del electrodo auxiliar "Y"

Por otro lado, y de acuerdo con la Figura 6, si la barra auxiliar de potencial "Y" está localizada fuera de lugar de los espacios de resistencia segura, como "Y" es movida hacia atrás y hacia delante la variación de las lecturas son mínimas. Los datos deben ser trazadas para afirmar que grafique una zona de valor constante. La zona es frecuentemente referida como el 62% del área ( Segura Teran., Vitela Artega., & De Marcos Miñon, 2010)

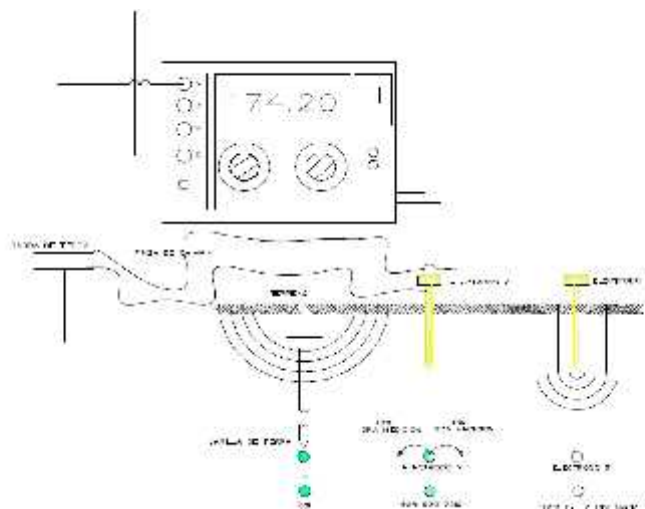


**Figura 6.** Variación mínima de la resistencia de tierra por desplazamiento del electrodo auxiliar “Y”

Lecturas de resistencia del electrodo de suelo de acuerdo al método del 62%.

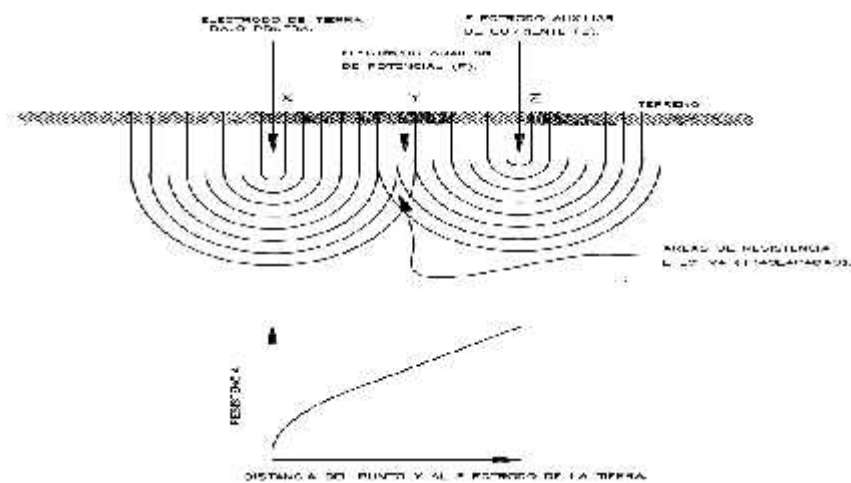
El método del 62% ha sido acogido posteriormente de la consideración gráfica. Es la técnica más precisa o correcta, pero existe definido por el hecho de que es una sola comprobación. Esta técnica se aplica estando los tres electrodos en línea recta y se desea medir la resistencia de un electrodo individual como: barra, tubo o lámina, desea medir individual como: varilla, tubo o placa, etc. ( Segura Teran., Vitela Artega., & De Marcos Miñon, 2010).

Medidor de resistencia de tierra (puenteado x-x1).



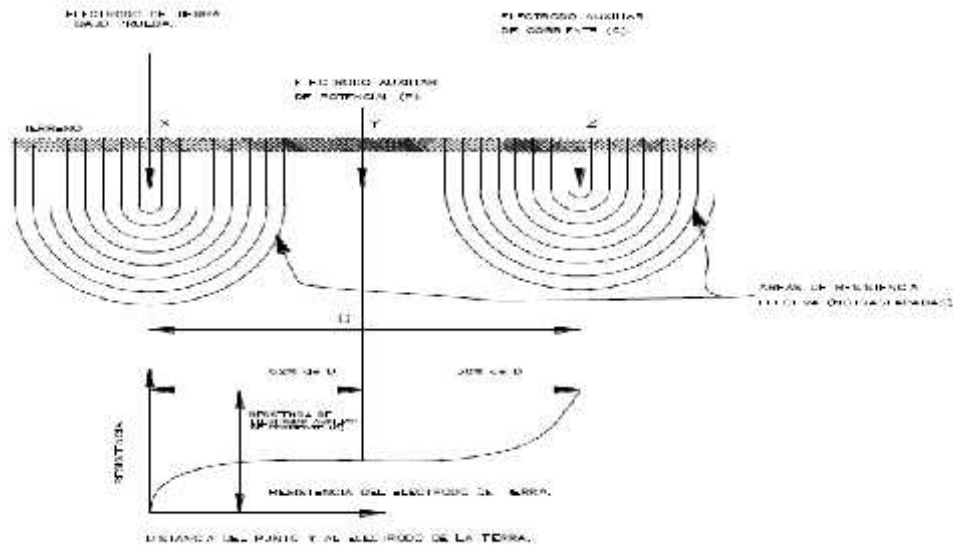
**Figura 7.** Medición de resistencia de tierra por el método del 62%

Se muestran los espacios de resistencia efectivos (zonas concéntricas) de la barra de tierra "X" y del barra auxiliar de intensidad "Z", así como las espacios traslapadas de resistencia. Si las lecturas fueron tomadas por el desplazamiento de la varilla auxiliar de potencial "Y" hacia cualquiera de los electrodos "X" o "Z", las diferenciales de lecturas serán grandes. En las áreas sensibles traslapadas constantemente se incrementa el valor de la resistencia conforme el electrodo "Y" se desplaza alejándose del electrodo "X". ( Segura Teran., Vitela Artega., & De Marcos Miñon, 2010)



**Figura 8.** Medición de resistencia de tierra no adecuada

En figura siguiente, donde las barras "X" y "Z" se encuentran suficientemente espaciados como para que los espacios de resistencias efectivas no se traslapen. Si graficamos los datos de la resistencia medida, se encontrará que las mediciones se estabilizan cuando "Y" está situado al 62% de la distancia de "X" a "Z". la tolerancia de la banda está precisa por el interesado y se expresa como un porcentaje de la lectura primero:  $\pm 5\%$ , etc.



**Figura 9.** Medición de resistencia de tierra correcta de electrodos “X” y “Z”

**Medición de la resistencia del terreno por el método de los cuatro puntos.**

Es un acontecimiento particular de la técnica de los 4 electrodos, que se colocan en línea recta e igual distancia entre electrodos, preciso en consideración al lugar en el que se desea evaluar la resistividad del terreno, no debe sobrepasar los 30 cm de las piquetas o electrodos de prueba. Se emplea el telurómetro como instrumento de medida, siendo las dos varillas centrales los de medida es decir las varillas de medida del potencial. Y los electrodos extremos los de fluido de la intensidad de medida. ( Segura Teran., Vitela Artega., & De Marcos Miñon, 2010)

Este se conoce como el método de Wenner debido a la teoría desarrollada por Frank Wenner.

El control de la resistencia del suelo tiene los siguientes propósitos:

- a) Datos semejantes son usados para hacer mediciones de superficies geofísicas como un apoyo en la identificación o localización de minerales.
- b) La resistividad tiene un impacto directo sobre el valor de desgaste en tuberías profundas.

c) La resistencia del terreno afecta directamente, diseño del sistema de tierra.

Cuando se diseña un sistema de tierra extenso es aconsejable localizar el área de mínima resistividad del suelo para lograr la creación del método de puesta a tierra más módica.

Como el nombre demuestra, solicita de la introducción de cuatro barras igualmente espaciadas en línea recta. Se inyecta una corriente de baja frecuencia o corriente desde un generador de corriente continua que circula entre los electrodos más alejados o extremos. La caída de potencial es medida entre dos electrodos cercanos. A su vez el medidor determina directamente la lectura de la resistencia, que al ser sustituida en la expresión siguiente se obtiene el cálculo del valor de la resistividad (  $\rho$  ) suelo.

Cuando la distancia "a" no es muy grande en comparación con la longitud "b" se reduce la expresión a:

$$\rho = \frac{4\pi}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(a^2 + 4b^2)}} \frac{a}{\sqrt{(a^2 + b^2)}}} \quad (1.1)$$

En cambio, si la distancia entre los electrodos "a" es igual o mayor a 20 veces la

$$\begin{aligned} \text{Si } a > 20 b: \\ &= 2 aR \end{aligned} \quad (1.2)$$

= es el total de la resistividad promedio del suelo a un fondo equivalente.

Modelo de terreno uniforme.

Cuando el análisis entre los diferentes valores de resistividades de los mantos, se puede utilizar el valor promedio para la resistividad del terreno, cuando define la secuencia de valores.

La lectura cercana de un terreno semejante se obtiene logrando con un medio matemático de las resistencias supuestos valores en diferentes lugares y trayectorias dentro del terreno:

$$Pa \text{ prom} = ((p_{a1} + p_{a2} + p_{a3} + \dots + p_{an})) / n \quad (1.3)$$

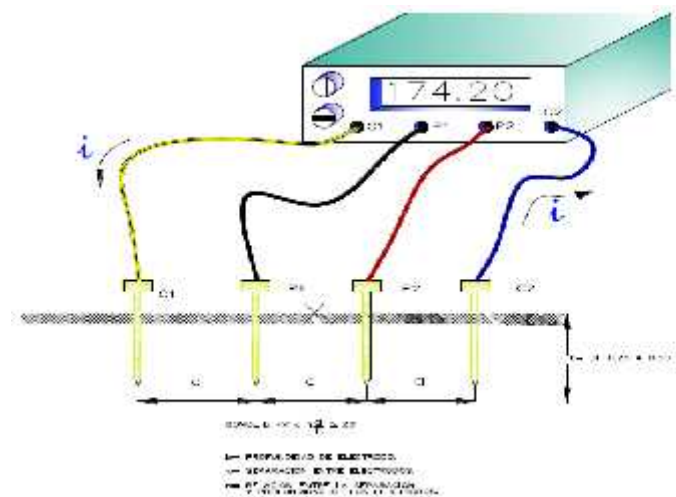
Donde:

$$_a1 + _a2 + _a3 + _a4 \dots \dots \dots + an = Pa \text{ prom}$$

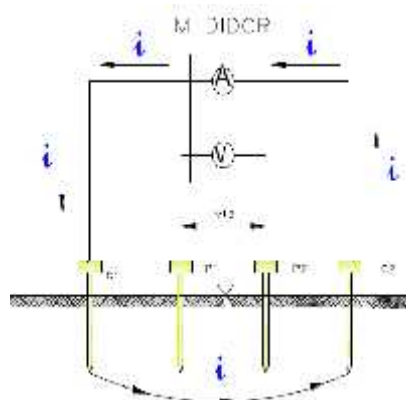
Valores de resistividades tomadas a diferentes longitudes aplicando el método de Wenner.

n = total de medidas.

Por lo general los terrenos no asocian este juicio, sin embargo, en la experiencia de algunos terrenos varía en las mediciones. En parte de la media matemático, asimismo se utiliza la repartición normal para obtener la lectura supuesta del terreno, asimismo es apreciado tal equivalente si la discrepancia entre los dos datos de los electrodos extremos, las lecturas tomadas es mínimo del 30% ( Segura Teran., Vitela Artega., & De Marcos Miñon, 2010)



**Figura 10.** Medición de resistividad por el método de Wenner



Donde:

$\rho$  = Resistividad del terreno (  $\Omega \cdot m$ ).

R = Resistencia = V/I

a = Recorrido entre varillas contiguas (m)

b = Fondo de las varillas.

Si b es chica confrontada con a, ( $b < 20 a$ ) como en el caso más común, la ecuación anterior se reduce. (1.2)

### **Relación entre la resistividad del terreno y la resistencia de difusión de una varilla cilíndrica de dimensiones conocidas.**

Según Dwight para lograr la resistencia de difusión a tierra aplicable a una varilla cilíndrica es:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ 1 \ln \left( \frac{4}{a} \right) - 1 \right] \quad (1.4).$$

Los parámetros:

$\rho$  = resistividad equivalente del terreno (  $\Omega \cdot cm$ ),

L = longitud del varilla (cm),

a = radio del varilla (cm),

R = Resistencia de dispersión a tierra (  $\Omega$  ).

Así mismo, la resistividad "semejante" del suelo que rodea al varilla es:

$$\rho = \frac{R * 2\pi L}{\left[ 1 \ln \left( \frac{4}{a} \right) - 1 \right]} \quad (1.5).$$

Empleando esta fórmula se puede entonces calcular la resistividad y conociendo la resistencia y dimensiones de la varilla e puede calcular la resistividad del suelo.

#### **1.3.7. Diseño de puestas a tierra de acuerdo a la norma IEEE 80-2000**

En el procesamiento de datos apoyado en la regla IEE 80-2000, para el proyecto de puestas a tierra. Los proyectos de técnicas de puestas a tierra es segmento del grupo de acciones concernientes con el



cálculo de malla de subestación, se empleará a asuntos prácticos, en las futuras sub estaciones, alcanzando que el estudiante con conocimientos actualizados de eléctrica, estar al tanto la regla de una modo más escueto, acceder así reparar problemas objetivos en su vida.

Los objetivos primordiales a efectuar la técnica de puesta a tierra:

- Suministrar los medios para desvanecer intensidades eléctricas a tierra sin desmandarse los términos de trabajo de la red y de los dispositivos.
- Cerciorar que los seres humanos adentro de la subestación y en sus contornos no sean mostradas al riesgo de las intensidades eléctricas.

La regla IEEE 80- 2000, accede lograr datos dispositivos de voltajes de paso y de toque en una estación y en sus alrededores. Pues que la tensión de tejido, es el peor voltaje de toque adentro de la subestación, esta diferencia de potencial se usará para el diseño.

### **Estudio de los componentes de cálculos de la norma.**

Está basado en la norma IEEE 80-2000 las medidas que posteriormente se muestran dependen del lugar de la subestación y poseen un efecto significativo en el proyecto de puesta a tierra.

Al proyectar una técnica de puesta a tierra, con mínima magnitud de resistencia de puesta a tierra es en todo momento anhelado para reducir el máximo potencial de tierra, por tanto, es primordial establecer voltajes máximas aplicadas a las personas en caso de anomalías.

### **Selección del conductor de la Protección**

En el cálculo de la sección del conductor se utiliza la siguiente analogía de tal modo que la malla tiene soportar la intensidad y las condiciones calientes producidas durante el tiempo que perdure la falla.

La ecuación de la sección del conductor es la siguiente:

$$A = I \sqrt{\frac{3 t}{l \left( \frac{T - T_a}{T_a} + 1 \right)}} \quad (1.6)$$

Donde:

Ac = sección del conductor (CM).

I = Intensidad máxima de defecto (Amp.)

Tm = Temperatura máxima en los nodos de la malla  
(450°C con soldadura y 250°C con amarre pernado.)

Ta = Temperatura ambiente (°C).

t = Tiempo máximo de despeje del defecto (seg).

Según la norma IEEE 80 sugiere calibre mínimo 2 / 0 AWG de Cu.

La sección pequeña respetable es 2/0 AWG para el tejido y 5/8" para los electrodos, estas magnitudes mínimas existen con aprobación de conocimientos internacionales. (Asdrubal Herrera & Castro Hernandez, 2003)

### **Los coeficientes para las mallas k m, ks , ki .**

Los valores de los coeficientes es obligatorio tener en cuenta los siguientes parámetros:

n = Número de conductores en paralelo de longitud A

m = Número de conductores en paralelo de longitud B.

D= Espaciamiento entre conductores (m).

h= Profundidad de enterramiento (m).

L = Longitud total del conductor (m).

A = Longitud de la malla (m).

B = Ancho de la malla (m).

d= Diámetro del conductor (m).

Para calcular la distancia del conductor a emplearse en la malla se emplea la siguiente expresión.

$$L = nA + mB \quad (1.7)$$

$$K_m = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2} l \left( \frac{D^2}{d} \right) + l \left( \frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} \right) \right) \quad 1.8)$$

$$K_t = 0.65 + (0.172) * n \quad n \leq 7 \quad (1.9)$$

$$K_t = 2 \quad n > 7$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \frac{1}{4D} \dots \dots \right) \quad (1.10)$$

### **Voltajes de paso y de contacto válidos**

#### **a.- Voltajes de paso**

Existe la caída de potencial al unirse dos puntos de un suelo que pueden ser palpados juntamente por un individuo: (Asdrubal Herrera & Castro Hernandez, 2003)

$$E_p = \frac{1 + \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1.11)$$

Dónde:

$E_p$  = Voltajes de Paso Permitido en voltios.

$s$  = Resistividad de la terreno en (  $\Omega$ -m)

$t$  = Duración máxima de defecto en segundos.

#### **Voltaje de contacto**

Está la caída de potencial al unirse un lugar en la superficie del suelo y otro lugar que se alcance ser palpado juntamente por un individuo: (Asdrubal Herrera & Castro Hernandez, 2003)

$$E_c = \frac{1 + 0.2 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1.12)$$

$E_c$  = Tensión de contacto permisible en voltios

#### **Voltajes Reales de Paso**

El Voltaje de camino real en una subestación está dada por:

$$E_p = K_s K_t \frac{\rho}{L} \quad (1.13)$$

En donde:

$E_p$  = Voltaje de paso real en voltios.

$k_s$  = Coeficiente, la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.

$k_i$  = Coeficiente de irregularidad del suelo.

$\rho$  = Resistividad del suelo (  $\Omega$ -m).

$I$  = Corriente máxima de defecto (Amp).

$L$  = Longitud total del conductor (m). [4] [9]

### **El Voltaje de contacto real**

Está dado por:

$$E_t = K_m K_i \frac{\rho}{L} \quad (1.14)$$

Donde:

$E_t$  = Voltaje de contacto en voltios.

$K_m$  = Coeficiente que tiene en cuenta las características geométricas de la malla (Ramírez Castaño S 2004)

### **Cálculo de la resistencia de Puestas a Tierra.**

La evaluación de la resistencia de malla a tierra se logra calcular por la técnica de Laurent y Niemann o por técnica de Dwinght.

### **Técnica de Laurent y Niemann**

(Asdrubal Herrera & Castro Hernandez, 2003) Esta técnica es más aproximada y la expresión para el proceso de datos es:

$$R = 0.443\rho \left( \frac{1}{\sqrt{A}} + \frac{1}{L} \right) \quad (1.15)$$

Donde:

$R$  = Resistencia en ohmios.

$A$  = Área de la malla de puesta a tierra en  $m^2$

$\rho$  = Resistividad del terreno (  $\Omega$ -m)

$L$  = Longitud total del conductor (m).

## Método de Dwight

(Ramirez Castaño S. , 2004) Esta técnica es mayor extensa, pero es mucho más puntual que el anterior.

Lo primero radica en encontrar la resistencia de un conductor de la malla.

$$R_s = \frac{\rho}{2\pi} \left( l \ln \left( \frac{2L'}{r} \right) + \ln \left( \frac{L'}{h} \right) + \frac{2}{L'} - \frac{h^2}{L'^2} - 2 \right) \quad (1.16)$$

Donde:

$R_s$  = Resistencia de puesta a tierra de un solo conductor.

$\rho$  = Resistividad en ( )

$L'$  = Longitud del conductor (m)

$h$  = Profundidad de enterramiento del conductor (m)

Donde

$R_s$  = Resistencia de puesta a tierra de un solo conductor

= Resistividad en ( )

$L$  = Longitud del conductor (m)

$h$  = Profundidad de enterramiento del conductor (m)

$r$  = Radio del conductor en m. [4] [9]

Desarrollada esta resistencia, se procede al cálculo de las resistencias debidas a las intersecciones mutuas entre los conductores: (Asdrubal Herrera & Castro Hernandez, 2003)

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi} \left( l \ln \left( \frac{4L'}{E} \right) + \ln \left( \frac{E}{2L} \right) + \frac{E^2}{1 (L')^2} - 1 \right) \quad (1.17)$$

Donde:

$R_a$  = Resistencia recíproca en

$E$  = Espaciamiento semejante entre un conductor y los demás en m.

(Ramirez Castaño S. , 2004)

La resistencia total de un conducto es:

$$R_c = R_s + (n - 1)R_a \quad (1.18)$$

(Ramirez Castaño S. , 2004) La resistencia de n conductores es:

$$R_c = \frac{R_c}{n} \quad (1.19)$$

Asimismo, en procedimiento semejante se establece la resistencia de los conductos perpendiculares de enlace.

(Ramirez Castaño S. , 2004) La resistencia “recíproca” de los dispositivos de enlace insertar el cruce debido a los cables eléctricos perpendiculares a aquellos se hallan reunidos en:

$$R_a = (m - 1) R_a + (n - 1) R_a \quad (1.20)$$

$R_{au}$  = Resistencia mutua de conductores de asociación ( )

(Ramirez Castaño S. , 2004) La resistencia total de un solo conductor de asociación es:

$$R_c = R_s + R_a \quad (1.21)$$

$R_{su}$  = Resistencia de sus conductores de unión ( )

(Ramirez Castaño S. , 2004) La resistencia de los m conductores es:

$$R_c = \frac{R_c}{m} \quad (1.22)$$

(Ramirez Castaño S. , 2004) La resistencia general del tejido está dada por:

$$R = \frac{R_c * R_c}{R_c + R_c} \quad (1.23)$$

**Resistividad del terreno ( ):**

**Indagación de la distribución del suelo:**

Las exploraciones del estudio de resistividad del suelo de una subestación son básicas para establecer la contextura habitual del terreno y el valor de similitud.

Los experimentos de los prototipos de pozos, y nuevos escudriñamientos geológicos, proveen investigación útil sobre el aspecto de diversos mantos y la propiedad del terreno, dan una imagen acerca del rango de resistividad del suelo.

**Tabla 5.** Rango de resistividad del suelo.

<b>Tipo de sueldo</b>	<b>Rango de resistividad</b>
Lama	5- 100
Humus	10 – 150
Limo	20 – 100
Acillas	80 – 330
Tierra de jardín	140 – 480
Caliza fisurada	500 – 1000
Caliza compacta	1000 – 5000
Granito	1500 – 10000
Arena común	3000 – 9000
Basalto	10000 - 20000

### **Interpretación de las medidas de resistividad del suelo.**

Para un suelo uniforme se emplea la siguiente formula.

$$P \quad p = \frac{p_{a1}+p_{a2}+p_{a3}+\dots+p_a}{n} \quad (1.24)$$

Donde:

$a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$  = Resistividades aparentes tomadas a diferentes medidas siguiendo el método de Wenner.

$n$ = total de medidas realizadas.

### **Resistencia del cuerpo humano:**

Según la IEEE, El ser humano a una frecuencia de 60Hz, presenta rangos de resistencia entre 500 a 3000 a, la resistencia del cuerpo disminuye cuando se perfora o daña la piel. Según en experimentos la resistencia de intensidad sinusoidal para un toque la resistencia de mano a pies es igual a 1130 de mano a mano es igual a 2330 .

Obtiene las sucesivas aclaraciones de las oposiciones en serie con la oposición anatómico:

- a) La oposición de toque de mano y pie es equivalente a cero.
- b) La oposición del guante y un zapato es equivalente a cero.

### **Corriente tolerable:**

Las altas intensidades a tierra en las infraestructuras eléctricas, debido a aligeramiento atmosféricas, inducciones o por defectos de operación, los cuales lleva a tomar reglas tanto para el personal que trabaja en las infraestructuras y personal ajena a ella.

Por lo tanto la intensidad que transite por su organismo crece y si esta fluye por un miembro importante que logre producir su fallecimiento.

**Tabla 6.** Efectos de la corriente en el cuerpo humano.

<b>Corriente</b>	<b>Efectos</b>
< a 25mA	Contracciones musculares
25 a 80 mA	Posibles perturbaciones en los ritmos cardiacos y respiratorios con parada
80 mA a 3 A	Especialmente peligrosa puede ocasionar fibrilaciones ventricular, de consecuencias
>A 3 A	Perturbación en el ritmo cardiaco, posibilidad de parálisis cardiaca y efectos de corrientes en el cuerpo

Sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación.

Quito, 2008 [3]

### **Voltajes de paso y de contacto:**

Es viable determinar la diferencia de potencial pasable entre cualquiera de los dos lugares de toque. Al manipular los datos de la intensidad aguantable en el ser humano, que se constituye por la igualdad (1.11) y los coeficientes apropiadas del circuito.

### **Voltaje de paso:**

La diferencia de potencial, de puesta a tierra que puede ser enlazada por una persona asociarse los dos extremidades inferiores, suponer el camino de una distancia de 1 metro”



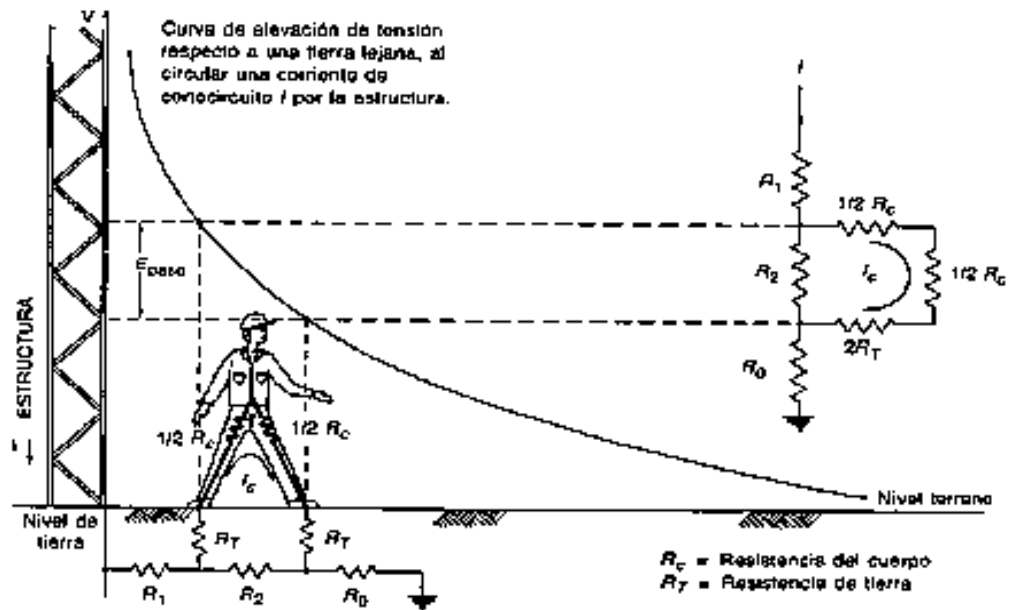


Figura 11. Voltaje de paso cerca de una estructura puesta a tierra.

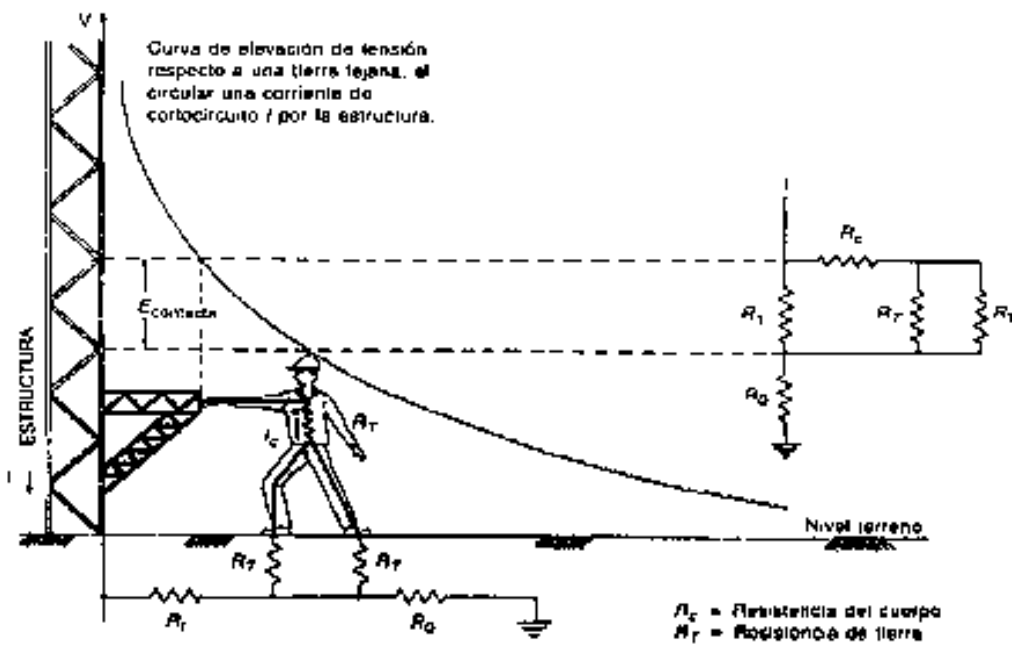


Figura 12. Voltaje de contacto a una estructura metálica

Fuente: Raúl Chiriboga

**Tabla 7.** Resistencias de puesta a tierra de sistemas eléctricos.

	<b>Valor máximo</b>
Estructura de líneas de transmisión	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1
Subestaciones de media tensión uso exterior	10
Subestaciones de media tensión uso interior	10
Protección contra rayos	4
Neutro acometida en baja tensión	25
Descargas electro estáticas	25
Equipo electrónicos sensibles	5

**Elaboración de la resistencia de puesta a tierra como la norma IEEE 80-2000<sup>o</sup> Aplicando otras normas.**

La elaboración de la resistencia de malla a tierra obedece, si el proyecto de la malla está compuesto por cables, varilla, asimismo de la geometría del tejido que se quiere ejecutar.

Un buen método de puestas a tierra suministra una mínima resistencia a la tierra remota para disminuir el aumento de potencial a tierra. Para las subestaciones de transmisión grandes, la resistencia a tierra es generalmente 1 o menos. En subestaciones de repartición más pequeñas el nivel que generalmente se admite es 1 comprendido 10 , dependiendo de las circunstancias del territorio.

**La ecuación propuesta por Sverak,**

Esta ecuación se emplea con el objetivo de encontrar la resistencia de la malla que no tienen electrodos de puesta a tierra, teniendo en cuenta la superficie ocupada por la malla y la extensión general de cables utilizados para dicha malla.

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{2A}} \left( 1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{2}{A}}} \right) \right] \quad (1.25)$$

Donde:

$\rho$  = resistividad del suelo .m

A = área de la malla en m.

L = es la longitud de los conductores de la malla en; m

Donde:

$\rho$ : resistividad del suelo -m

A: área de la malla en m

L: es la longitud de los conductores enterrados en; m

h: es la profundidad de enterramiento de la malla en; m

La IEEE Indica que el tejido que se halle diseñada con jabalinas, la igualdad de Schwars, nos admite enfocar la resistencia de puesta a tierra para este tipo de proyecto, la equivalente que reside entregada por la sucesiva ecuación:

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \quad (1.26)$$

Esta ecuación permite realizar el cálculo de las resistencias a tierra del tejido a tierra tanto del tejido como de las jabalinas es decir en su conjunto.

Donde:

R1 = la resistencia a tierra de los conductores de la malla en .

R2 = la resistencia a tierra de todas las jabalina de tierra en

Rm = es la resistencia mutua a tierra entre el grupo conductores de la malla R1, y el grupo de jabalinas de tierra, R2, en .

(IEEE 80-2000 Guide for Safety in ac Substation Grounding, 2000) Las ecuaciones que nos admiten obtener, R1, R2, Rm, están proporcionadas por:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi c} \left[ \ln \left( \frac{2L_c}{d_r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \quad (1.27)$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi c n_r} \left[ \ln \left( \frac{4L_r}{d_r} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right] \quad (1.28)$$

$$R_m = \frac{\rho}{\pi c} \left[ \ln \left( \frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] \quad (1.29)$$

Donde:

$L_c$  = longitud total de los conductores de la malla (m)

$L_r$  = longitud total de las barras (m)

$n_r$  = número de jabalinas que se colocan en el área A

$d_r$  = diámetro de las jabalinas en (m)

$K_1, K_2$ : constantes relacionados con la geometría del sistema están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$K_1 = -0.05 * \frac{L_x}{L_y} + 1.20 \quad (1.30)$$

$$K_2 = -0.10 * \frac{L_x}{L_y} + 1.20 \quad (1.31)$$

Donde  $L_x$  y  $L_y$  son las distancias del tejido.

### **Voltaje de toque y paso, nocivo en el contorno.**

La diferencia de potencial se da de la manera donde se origina en el centro de la arista del tejido de puesta a tierra. Sin embargo, se inicia en las aristas del tejido los cuales se provocan los desniveles de potencial más peligrosos. Para encontrar este voltaje es necesario utilizar la siguiente formula:

$$E_m = \frac{\rho * I_G * K_m * K_i}{L_m} \quad (1.32)$$

Donde:

$K_m$  = factor de espaciamiento de voltaje de toque

$K_i$  = factor corrección de irregularidad

$L_m$  = longitud efectiva enterrada (long. Total conductor y long. de barras en (m))

$\rho$  = es la resistividad del suelo en  $\Omega \cdot m$

Ig = es la axioma corriente RMS en imperios entre la malla y la tierra

La ecuación Km, consta por:

$$K_m = \frac{1}{2n} \left[ \left( \frac{D^2}{4a_c} + \frac{(D+2)^2}{8D} - \frac{h}{4a_c} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} I_1 \left( \frac{8}{(2n-1)} \right) \right] \quad (1.33)$$

Para tejidos con muchas jabalinas de tierra en las aristas o contorno;  $K_{ii} = 1$ ; en que  $K_{ii}$  es un coeficiente de modificación que ajusta los objetivos de los cables eléctricos en la cubierta de la arista del tejido.

Para malla sin jabalinas, o solo unas cuantas, nadie confinada en las aristas:

Se emplea la siguiente ecuación

$$K_{ii} = \frac{1}{(2*n)^2/n} \quad (1.34)$$

Los tejidos sin jabalinas de aterramiento, con algunas jabalinas, o ninguna el dato de  $K_h$ , que es un componente de modificación que posee en cálculo las consecuencias del fondo de la malla, se emplea la siguiente formula:

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_u}} \quad (1.35)$$

N identifica al número de cables eléctricos en paralelo de un tejido, puede ser cuadra, rectangular o de forma amorfo.

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

Cuando

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}; n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}; n_c = p \left( \frac{L_x * L_y}{A} \right)^{\frac{0.7 * A}{L_x * L_y}}; n_d = \frac{D_{III}}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \quad (1.36)$$

Para mallas cuadradas:

$$n = n_a \text{ ya que } n_b = n_c = n_d = 1$$

Para mallas rectangulares:

$$n = n_a \cdot n_b \text{ ya que } n_c = n_d = 1$$

Para mallas en forma de L:

$n = n_a \cdot n_b \cdot n_C$  ya que  $n_d = 1$

El coeficiente de irregularidad  $K_i$ , utilizado con el coeficiente  $n$  anteriormente definido es:

$$K = 0.644 + 0.178 * n$$

(IEEE 80-2000 Guide for Safety in ac Substation Grounding, 2000) La longitud cubierta segura  $L_m$ , para mallas de puestas a tierra con algunas jabalinas de aterramiento o ninguna jabalina de aterramiento está entregada por:

$$K_i = 0.644 + 0.178 * n \quad (1.37)$$

Donde

$L_R$  = la longitud de todas las varillas de aterrizaje en metros.

Para tejidos con jabalinas de puesta a tierra en las aristas, así como a lo extendido de su contorno y sobre todo el tejido, la distancia oculta práctica está entregada por:

$$L_m = L_C + L_R \quad (1.38)$$

### **Tensión de paso peligroso en la periferia:**

Adentro del tejido, los voltajes disminuyen, la cantidad anhelada, descendiendo la longitud espaciamento entre los cables del tejido.

La realidad es desigual en el exterior de la periferia del tejido, donde la dificultad pueda estar a un dato teórico en una placa-sólida. Según IEEE 80- 2000 precisa una igualdad, donde considera la profundidad del tejido, el distanciamiento entre cables, defiriendo así la igualdad del voltaje en el perímetro con el siguiente término:

$$L_m = L_C + \left[ 1.55 + 1.22 \left( \frac{L_R}{\sqrt{L_X^2 + L_Y^2}} \right) \right] L_R \quad (1.39)$$

Donde:

$$E_m = \frac{p * I_G * K_m * K_i}{L_m} \quad (1.39)$$

Para tejidos como o sin jabalinas de aterramiento, la medida enterrada efectiva,  $L_s$  es:

$$L_s = 0.75L_c + 0.85L_r \quad (1.40)$$

$K_s$  es el coeficiente de espaciamento para el voltaje de paso, en la regla se dispone que sucede a la máxima tensión de paso a un trayecto por encima de 1 metro, iniciar y ampliándose en el exterior del cable en la esquina que divide la punta del ángulo del tejido.

Se dice:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2+r} + \frac{1}{D+r} - \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right] \quad (1.41) \quad [6]$$

Esta ecuación consta de un fondo de profundidad de  $0.25m < h < 2.5m$

#### 1.4. Formulación del problema

¿En qué medida una metodología según normas sistema para puesta a tierra de sub estaciones de transformación en media tensión en la Compañía Minera Quiruvilca mejora el sistema de puesta a tierra?

#### 1.5. Justificación del Estudio

##### Técnica:

Se obtendrá mayor eficiencia y seguridad de operación en las subestaciones de transformación

##### Económica:

Al trabajar con sistema de protección por puesta a tierra correctamente diseñados e instalados permitirá eliminar las paradas de producción debido a fallas en equipos.

##### Laboral:

Al aplicar una mayor seguridad eléctrica en sub estaciones, se obtendrá un mejor ambiente laboral, con mayor seguridad, con mayor participación del personal técnico.

## **Tecnológica**

Permitirá introducir, poner en servicio y asimilar la tecnología moderna de protección eléctrica, de puesta a tierra, en subestaciones de transformación en media tensión; con mayor eficiencia y menor costo.

### **1.6. Hipótesis**

Un sistema de protección eléctrica de conexión a tierra correctamente dimensionado e instalado permitirá aumentar la seguridad operacional de las sub estaciones de transformación en la Compañía Minera Quiruvilca.

### **1.7. Objetivos**

#### **1.7.1. Objetivo general**

Aplicar una metodología existente que permita dimensionar y seleccionar los componentes de una técnica de protección de puesta a tierra, según normas para las subestaciones de transformación en la Compañía Minera Quiruvilca.

#### **1.7.2. Objetivos específicos**

1. Establecer un criterio de dimensionamiento, de los componentes del sistema de protección a emplear en base a normas técnicas existentes.
2. Dimensionar los conductores de acuerdo a la resistividad del terreno
3. Preparar un Plan de Mantenimiento de la protección a tierra, para asegurar la confiabilidad de operación de las subestaciones de transformación.
4. Realizar el cálculo de un pararrayo

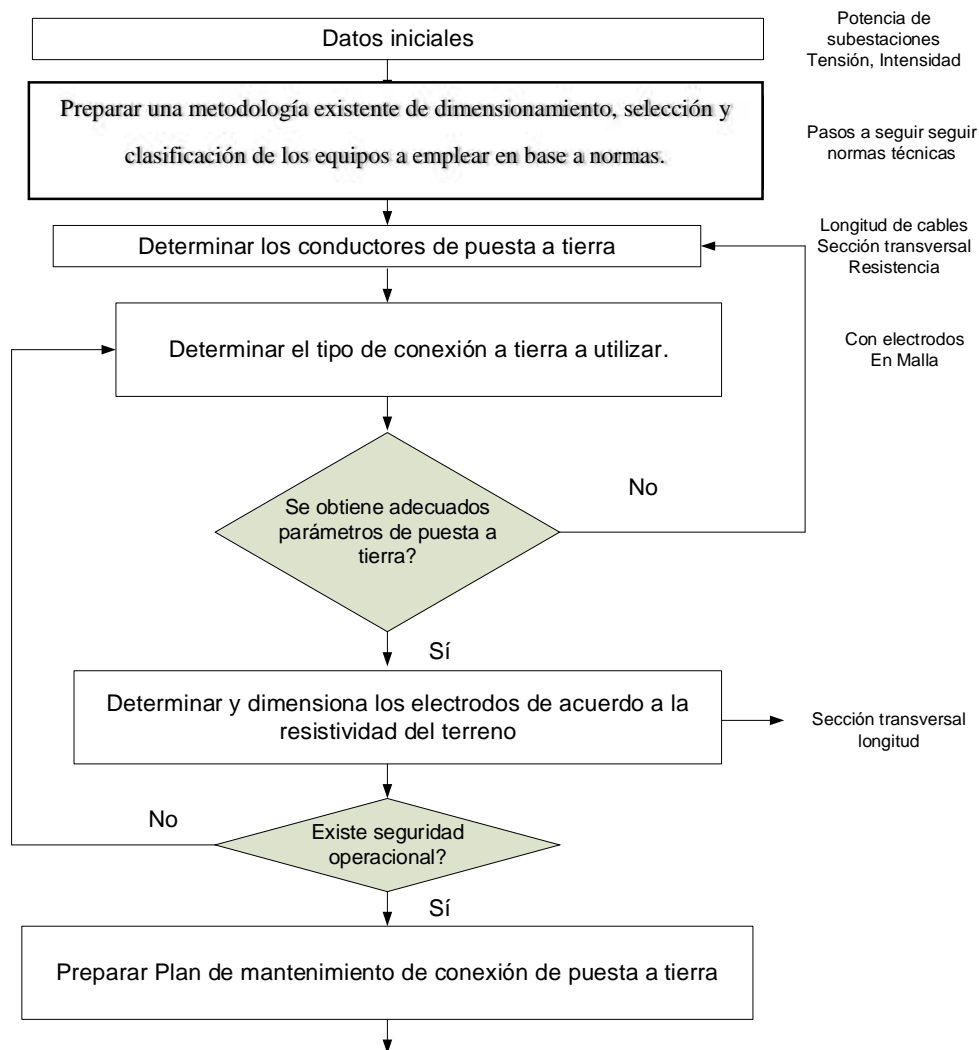


## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

El estudio de investigación es aplicativo pues se propone establecer una solución tecnológica factible de ser aplicada, para resolver un problema industrial, en este caso de puestas a tierra de sub estaciones.

También es descriptivo pues describe el proceso en el cual existe un problema industrial y el método para hallar la solución técnica económica.



**Figura 13.** Flujograma de procedimientos para obtener objetivos de la investigación

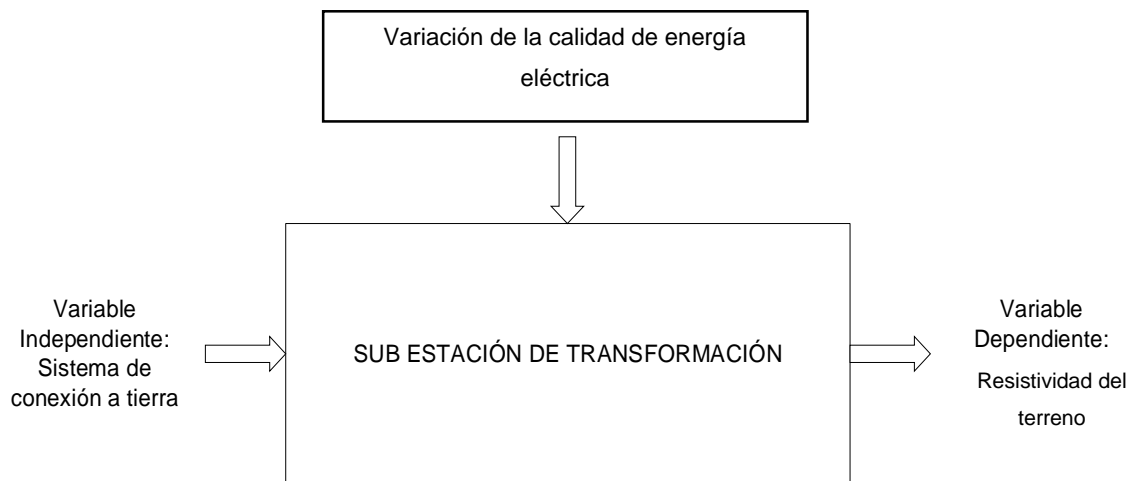
Fuente: elaboración propia

## 2.2. Variables, Operacionalización

- Variable independiente: Sistema de conexión a tierra
- Variable dependiente: resistividad del terreno

### Variables intervinientes:

- Variación de calidad de energía eléctrica



**Figura 14.** Variables del proceso de estudio

Fuente: Elaboración propia

## Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente: método de conexión a tierra	Conjunto de elementos que conducen a la elaboración de un objetivo a un punto de baja resistencia	Conjunto de pasos y normas para instalación y pruebas de la conexión a tierra	Resistencia de conductor, de malla a tierra.	0 -25
Variable dependiente: Resistividad del terreno	Participación que tiene al llevar la corriente	La resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado.	Calculo mediante la fórmula de wenner, mediciones en campo	Ohmios metro
Variable interviniente: calidad de energía eléctrica	La eficacia de abastecimiento eléctrico es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc	Se refiere a la forma de onda senoidal, frecuencia armónica, medidas con analizadoras de redes que permitan establecer el abastecimiento de energía eléctrica a los instrumentos de medida y control	Nr. Armónicos frecuencia Nr. De interrupción es en un intervalo de tiempo	0.....10 armónicos  45....65 Hz

## 2.3. Población y Muestra

### 2.3.1. Población

Subestaciones de transformación en Media tensión de compañías mineras de La Libertad.

### 2.3.2. Muestra

Subestaciones de transformación en media tensión de la Compañía Minera Quiruvilca, la Libertad.

## 2.4. Metodologías y herramientas de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	INSTRUMENTO	OBJETO	OBJETIVOS
<b>Observación</b>	Toma de datos	Subestaciones y accesorios de transformación	Conocer el modo de operación de las subestaciones y medir la dinámica de los parámetros
<b>Entrevistas</b>	Hoja de entrevista	Personal de operación y de mantenimiento	Definir aspectos de transmisión, tipo de mantenimiento que se aplican a las subestaciones de transformación
<b>Encuestas</b>	Hojas de encuestas	Personal ejecutivo de la compañía minera	Definir la prioridad de aplicaciones de sistemas de protección de conexión a tierra en base a ingeniería
<b>Mediciones</b>	Telurometro	Sistema de transmisión y distribución de la energía	Determinar la resistividad de los terrenos de las sub estaciones.
<b>Análisis registro de datos</b>	Hoja de registro de datos	Subestaciones de transformación para transformación y distribución	Determinar frecuencia de mantenimiento, fallas, reemplazos de accesorios, confiabilidad operacional, etc.

## 2.5. Métodos de Análisis de Datos

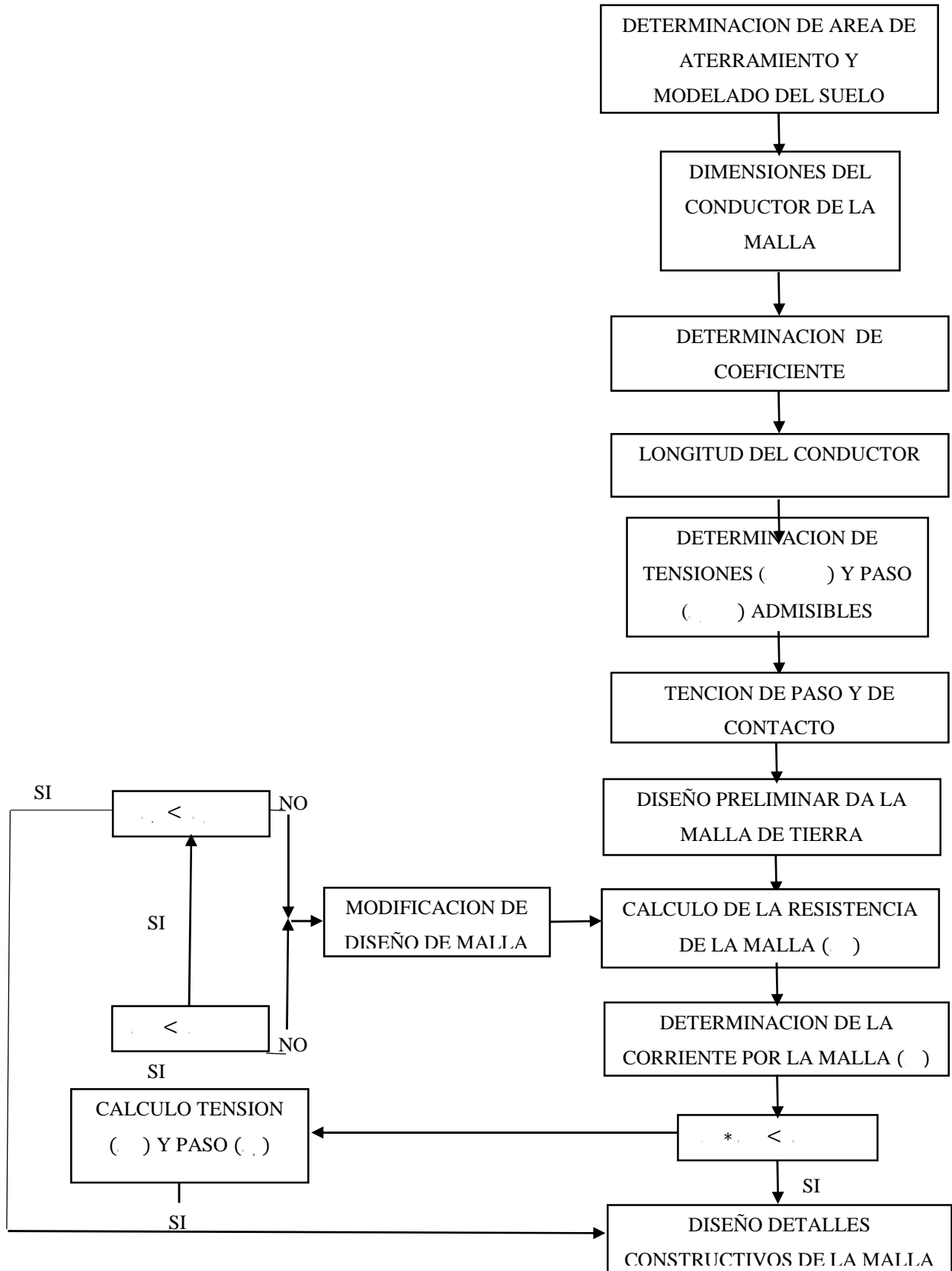
Se harán investigaciones descriptivas de las subestaciones de transformación, para determinar el comportamiento de las variables y parámetros de la muestra de estudio, estadística descriptiva, como la media, varianza, cálculo de tasas, etc.

## 2.6. Aspectos éticos

La información y los datos son nuevos, sin copia de estudios anteriores, existe veracidad de datos; se tiene respeto por la propiedad intelectual; el medio ambiente, jurídica y ética; resguardo de la semejanza de los sujetos que hace en el estudio; con pudor.

### III. RESULTADO

#### Flujo para la evaluación de protección de puesta a tierra



## **Cálculo para la protección de puesta a tierra**

Al realizar el trabajo de investigación se utilizó el instrumento Fluke 1625, los datos se tomaron a las 11 a.m.



### **3.1. Datos generales del sistema**

Una terna de 33KV

#### **Transformadores 2**

Potencia 2000 KVA

Voltaje 33000/2400 kv.

Amperaje 38.9/481 A

Tcc 6%.

Ancho de la sub estación de 10 m.

Largo de la sub estación de 20 m.

Corriente de cortocircuito de la línea de trasmisión 1.05 KA (Dato de hidrandina).

Temperatura ambiente 15°C

Área del terreno 200 m<sup>2</sup>.

### **3.2. Procedimientos para el proyecto de una protección de puesta a tierra**

- **Calcular la longitud del conductor**

Se realiza de la siguiente manera

Longitud Total (Lt) 11(10) +6(20)

210 + 120 = 230 mts

Longitud requerida para el desarrollo 230 metros de conductor

- **Medir la resistividad del terreno**

Se ejecutaron 6 tomas de acuerdo al técnica wenner, se aumentaron los electrodos de metro en metro, a su vez se calculó la resistividad con la formula correspondiente al método.

$$= 2 \pi d R$$

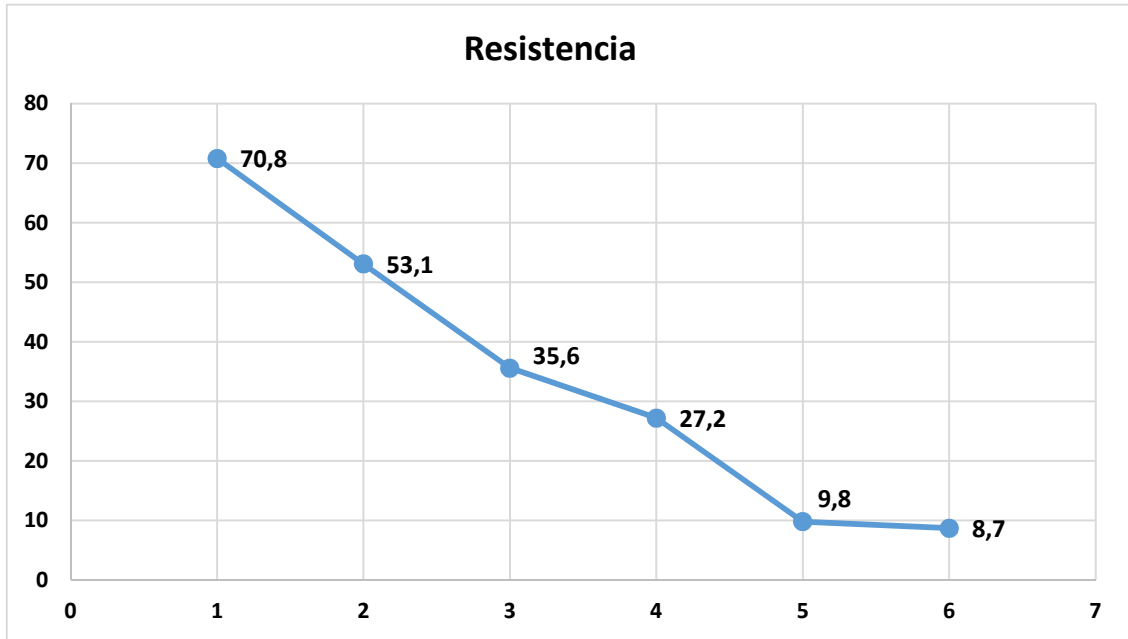
Donde:

d= distancia en metros m.

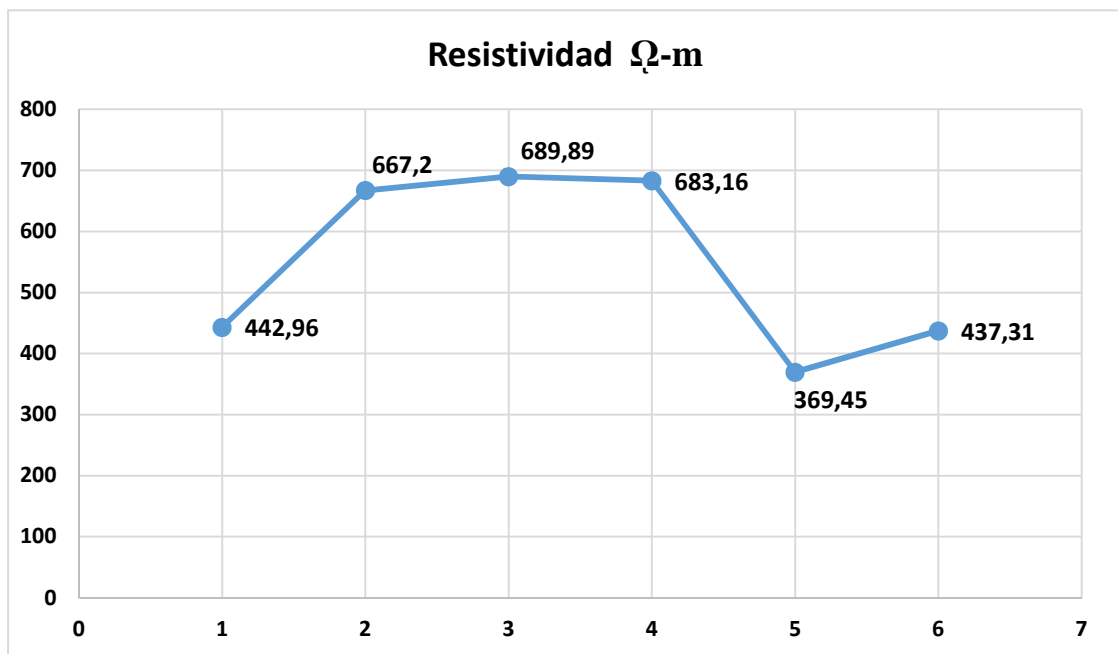
R= resistencia obtenida

**Tabla 8.** Resistencia de medición de campo

<b>Medida de resistencia método wenner</b>		
<b>Distancia mts</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Resistividad m</b>
1	70.8	442.96
2	53.1	667.2
3	35.6	689.89
4	27.2	683.16
5	9.8	369.45
6	8.7	437.31
	<b>Promedio</b>	548.34



**Figura 15.** Curva de la resistencia medida del terreno en vs. Espaciamiento en metros tomados con el instrumento Fluke 1625. De la sub estación en análisis tomados con el método de Warner. (Autor)



**Figura 16.** Curva de la resistividad medida del terreno en  $\Omega$ -m vs. Espaciamiento en metros desarrollados con la formula (1.2) (Autor)



Se realizó la técnica del terreno similar, para conseguir la medición de acuerdo a la cantidad de datos tomados.

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5 + \rho_6}{6} = 548.34$$

Trabajamos con una resistividad de 548.34 m para el cálculo.

Las mediciones se realizan en el tiempo de invierno el terreno se hallaba húmedo obteniendo baja resistividad, para evitar faltas de proyecto, tomamos la estimación en tiempo de verano, en que el terreno persiste áspero y por lo mismo su resistencia se eleva.

Sección del conductor

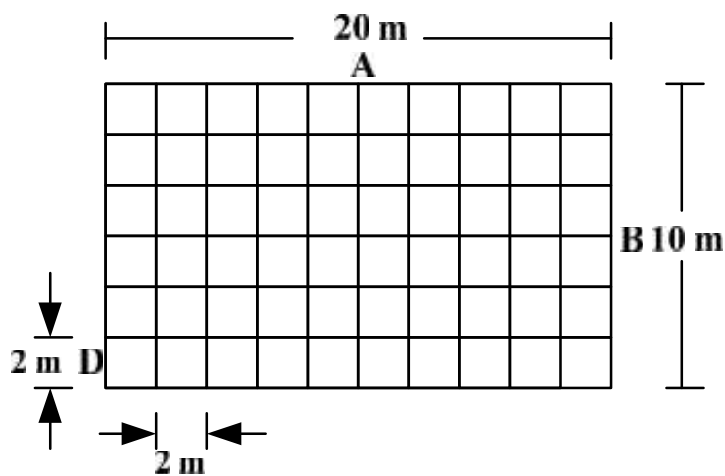
Determinación de coeficientes

Voltajes de contacto y de paso permisibles

Voltajes reales de contacto y de paso

Dato de la resistividad puesto tierra

Diseño de la malla



**Figura 17.** Diagrama de malla

**Fuente:** Elaboración Propia

Diseñamos la malla de 10 x 20 la cual se divide en cuadrados de 2 metros x 2 metros

**Debemos tener en cuenta el cable eléctrico se utiliza en:**

La ecuación para definir la sección del conductor:

$$A_c = I \sqrt{\frac{3 t}{l_i \left( \frac{T}{2} - T + 1 \right)}} \quad (1.6)$$

$$A_c = 1050 \sqrt{lt \left( \frac{33 * 0.2}{\left( \frac{250 - 15}{234 + 15} + 1 \right)} \right)}$$

$$A_c = 2.510 \text{ mm}^2$$

Donde:

$A_c$  = Sección del conductor (CM).

$I$  = Corriente máxima de defecto (Amp.)

$T_m$  = Temperatura máxima en los empalmes de la malla (450°C con soldadura y 250°C con amarre pernado.)

$T_a$  = Temperatura ambiente (°C).

$t$  = Tiempo máximo de defecto (seg).

La Norma IEEE 80 encomienda como sección mínima 70 mm<sup>2</sup> de Cobre.

#### El valor de coeficientes:

Los factores que debemos tener en cuenta:

$A$  = Longitud de la malla (m).

$B$  = Ancho de la malla (m).

$L$  = Longitud total del conductor (m).

$n$  = Número de conductores en paralelo de longitud  $A$

$m$  = Número de conductores en paralelo de longitud  $B$ .

$D$  = Espaciamiento entre conductores (m).

$h$  = Profundidad de enterramiento (m).

$d$  = Diámetro del conductor (m).

La longitud total del conductor está dada por:

$$L = n + m \quad (1.7)$$

$K_m$  e :

$$K_m = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2} l \left( \frac{D^2}{1-d} \right) + l \left( \frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} \right) \right) \quad (1.8)$$

$$K_m = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2} l \left( \frac{2}{16 * 0.6 * 0.010} \right) + l \left( \frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} \right) \right)$$

$$K_m = 0.39 \quad \text{n-2 terminos}$$

$K_t$  e :

$$K_t = 0.65 + (0.172 * 6) \quad (1.9)$$

$$K_t = 1.68$$

$K_s$  e :

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{D+n} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \frac{1}{4D} \dots \dots \right) \quad (1.10)$$

$$K_s = \frac{1}{3.14} \left( \frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} \right)$$

$$K_s = 0.59$$

Tensión de paso y de contacto permisibles

$$E_p = \frac{1 + \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1.11)$$

$$E_p = \frac{165 + 584.34}{\sqrt{t}}$$

$$E_p = 4475v$$

Donde:

$E_p$  = Voltaje de Paso Válido en voltios.

$s$  = Resistividad del terreno en ( -m)

$t$  = Duración máxima de defecto en (seg).

$$E_c = \frac{1 + 0.2 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad (1.12)$$

$$E_c = \frac{165 + 0.25(584.34)}{\sqrt{0.2}}$$

$$E_c = 2046V$$

$E_t$  = Voltaje de contacto válido en voltios.

**Voltajes reales de paso y de contacto**

$$E_p = K_s K_t \frac{\rho}{L} \quad (1.13)$$

$$E_p = 0.59 * 1.68 * 548.34 * \frac{1050}{230} = 2496V$$

$E_p$  = voltaje de paso real en (vol).

$k_s$  = Coeficiente (combinada de la fondo y del espaciamiento de la malla),

$k_i$  = Coeficiente de irregularidad del terreno.

= Resistividad del terreno ( -m).

$I$  = Corriente máxima de defecto (Amp).

L = Longitud total del conductor (m).

$$E_c = K_m K_t \frac{\rho}{L} \quad (1.14)$$

$$E_c = 0.39 * 1.68 * 548.34 * \frac{1050}{230} = 1640$$

Donde:

Et = Voltaje de toque en (volt.)

km = Factor (características geométricas de la malla).

### Valor de la resistencia puesto tierra

#### Método de Laurent y Niemann

$$R = 0.443\rho \left( \frac{1}{\sqrt{A}} + \frac{1}{L} \right) \quad (1.15)$$

$$R = 0.443 * 548.34 \left( \frac{1}{\sqrt{200}} + \frac{1}{230} \right)$$

$$R = 18.23$$

Donde:

R = Resistencia en  $\Omega$ .

A = área de la malla de puesta a tierra en  $m^2$

$\rho$  = resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ )

L = longitud total del conductor (m)

#### Método de Dwight

Para encontrar la resistencia de un conductor del tejido se emplea la siguiente formula

$$R_s = \frac{\rho}{2\pi} \left( l \left( \frac{2L}{r} \right) + \ln \left( \frac{L}{h} \right) + \frac{z}{L} - \frac{h^2}{L^2} - 2 \right) \quad (1.16)$$

$$R_s = \frac{548.34}{2(3.1416)20} \left( l \left( \frac{2(20)}{0.0052} \right) + \ln \left( \frac{20}{0.6} \right) + \frac{2 * 0.6}{20} - \frac{0.6^2}{400} - 2 \right)$$

$$R_s = 45.81$$

Donde

Rs = Resistencia de puesta a tierra de un solo conductor

$\rho$  = Resistividad del terreno en ( $\Omega \cdot m$ )

L = Longitud del conductor (m)

h = Fondo de enterramiento del conductor (m)

r = Radio del conductor en m.

Realizado el cálculo de la resistencia de un único conductor, se procede a la evaluación de las resistencias debidas a las intersecciones recíprocas entre los conductores:

Se evalúa el espaciamiento equivalente E:

$$E = F$$

$$E = 2.0 = 4.0$$

$$R_u = \frac{\rho}{2\pi} \left( l \left( \frac{4L}{E} \right) + \left( \frac{E}{2L} \right) - \frac{E^2}{1L} - 1 \right) \quad (1.16)$$

$$R_u = \frac{548.34}{2 * 3.1416 * 20} \left( l \left( \frac{4 * 20}{4.02L} \right) + \ln \left( \frac{4.02}{2(20)} \right) + \frac{4.02^2}{16(20)^2} + 1 \right)$$

$$R_u = 9.10$$

Dónde:

R a = Resistencia mutua en

E = Espaciamiento equivalente entre un conductor y los demás en m.

**Tabla 9.** Factores de espaciamiento.

Número de conductores	Factor de espaciamiento (F)
2	1.00
3	1.26
4	1.51
5	1.76
6	2.01
7	2.25
8	2.49
9	2.73
10	2.93
11	3.21
12	3.44
13	3.50

### Hallar la resistencia total de un conductor [9]

La resistencia general de un conducto es:

$$R_c = R_s + (n - 1)R_a \quad (1.18)$$

$$R_c = 45.82 + (6 - 1)9.10$$

$$R_c = 91.32$$

La resistencia de n conductores es:

$$R_c = \frac{R_c}{n} \quad (1.19)$$

$$R_c = \frac{9.3}{6}$$

$$R_c = 15.22 \Omega$$

Se calcula en representación semejante se establece la resistencia de los conductos perpendiculares de enlace.

$$R_s = \frac{\rho}{2\pi L} \left( l_1 \left( \frac{2L}{r} \right) + \ln \left( \frac{L}{h} \right) + \frac{2}{L} - \frac{h^2}{L^2} - 2 \right) \quad (1.16)$$

R su = Resistencia de su conductores de alianza ( )

$$R_s = \frac{548.34}{2(3.1416)10} \left( l_1 \left( \frac{2(10)}{0.00526} \right) + \ln \left( \frac{10}{0.6} \right) + \frac{2 * 0.6}{10} - \frac{0.6^2}{10^2} - 2 \right)$$

$$R_s = 80.05$$

Análisis de la resistencia debido a las intersecciones recíprocas de conductores, mediante la sucesiva enunciado:

$$E = F$$

$$E = 3.21 * 11 = 35.31$$

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi} \left( l_1 \left( \frac{4L}{E} \right) + \left( \frac{E}{2L} \right) + \frac{E^2}{16L^2} - 1 \right)$$

$$R_a = \frac{548.34}{2 * 3.1416 * 10} \left( l_1 \left( \frac{4 * 10}{35.31} \right) + \left( \frac{4.01}{2(10)} \right) + \frac{35.31^2}{16(10)^2} - 1 \right)$$

$$R_a = 1.04$$

Donde:

$R_a$  = Resistencia mutua en

$E$  = Espaciamiento semejante entre un conductor y los demás en m.

$E = F \times D$

$F$  =factor de espacio dado por la tabla

La resistencia "recíproca" de los dispositivos de coalición conteniendo la intercesión habida a los cables perpendiculares donde se encuentran fundidos es:

$$R_A = (m - 1)R_A + (n - 1)R_A$$

$$R_A = (11 - 1)1.04 + (6 - 1)9.10$$

$$R_A = 55.9$$

$R_{au}$  = resistencia recíproca de conductores de enlace ( )

La resistencia general de un solo conductor de enlace es:

$$R_C = R_S + R_a$$

$$R_C = 80.05 + 55.9$$

$$R_C = 135.95$$

$$R_C = \frac{R_C}{m}$$

$$R_C = \frac{135.9}{11}$$

$$R_{cm} = 12.35$$

$R_{su}$  = Resistencia de su conductores de asociación ( )

La resistencia general del tejido está entregada por:

$$R = \frac{R_C * R_C}{R_C + R_C}$$

$$R = \frac{15.22 * 12.35}{15.22 + 12.35}$$

$$R = 6.81$$

Calculo de contrapeso para mejorar la resistividad de la subestación de 29.2

$$R = \frac{0.366\rho}{L} \left[ L \left( \frac{4L}{d} \right) + l_c \frac{L}{h} - 0.25 \right]$$

$$R = \frac{0.366 * 548.34}{100} \left[ L \left( \frac{4(100)}{0.013} \right) + l_c \frac{100}{0.6} - 0.25 \right]$$

$$R = 12.46 \Omega$$

$$R = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R = \frac{29.2 * 12.46}{29.2 + 12.46}$$

$$R = 8.73$$

Corriente de cortocircuito de la línea de transmisión 1.05 KA (Dato de hidrandina).

$$I_c = I_s * \frac{100}{Z\%}$$

$$I_c = I_{cl} \times F_a$$

$F_{as}$  = factor de asimetría = 1,25

### **Sistema de protección contra descargas atmosféricas**

Para determinar la densidad de impactos de rayo sobre el terreno, expresado en número de rayos por km<sup>2</sup>, se determina mediante la utilización del nivel ceraunico local NK.

El mapa de Niveles Isoceraúnicos del Perú, incluye datos satélites, información continental, registros dispersos compatibilizados con la geografía y orografía territorial; destacan las siguientes zonas ecológicas de habidad natural:



Sierra de Baja altitud hacia el litoral o pie	hasta 2000 m,	(20)
Sierra de Media altitud	2000 – 3500 m	(40)
Sierra de Gran altitud	3500 m – más	(50)
Microclimas de Alta Cota e Interandinos		(de 40- 70)
Zona Yunga, Valles Altos	1000 – 2000 m	(60)
Selva Baja o Plana	hasta 800 m	(120)
Selva Alta o Accidentada	800 – 1500 m	(80)
Costa Norte Ecuatorial	hasta 1000 m	(15)
Costa Centro - Sur	hasta 1000 m	(0)

$$N_y = 0,02N_K^{1,6}$$

$$N_y = 0,02 \times 50^{1,6}$$

$$N_y = 13.75$$

La frecuencia anual media  $N_d$  de impactos directos sobre una estructura se evalúa a partir del término:

$$N_d = N_y * 1.1 * A_e * C_1 * 10^{-6} / \text{año}$$

Donde:

$N_y$  = es la densidad anual media de impactos de rayo en la región

1.1 = es el coeficiente de seguridad ligada a la evaluación de impactor

$A_e$  = es la superficie

$C_1$  = es el coeficiente relacionado con el entorno.

Para una estructura rectangular de longitud  $L$ , ancho  $I$ , altura  $H$

$$A_e = L.I + 6H(L + I) + 9\pi H^2$$

Tomando las medidas de la sub estación a proteger:

$$A_e = 43861.74$$

$$L = 150\text{m}$$

$$I = 100\text{m}$$

$$H = 15\text{m}$$

$$A_e = 43861.74 \text{m}^2$$

$$C_1 = 0.5$$

$$N_d = 13.75 * 1.1 * 43861.74 * 0.5 * 10^{-6} / \text{año}$$

$$N_d = 0.30 / \text{año}$$

Para determinar  $N_c$  se lo realiza mediante 4 factores determinados, C2, C3, C4 y C5 determinados de la norma UNE 21186

$$N_c = \frac{3.10^{-3}}{C}$$

$$C = C_2 * C_3 * C_4 * C_5$$

C2	1
C3	2
C4	3
C5	5
C	30
$N_c$	0.0001

Como  $N_d > N_c$ , se debe instalar un sistema de protección de pararrayos de eficiencia

$$E = 1 - N_c / N_d$$

$$E = 0.97$$

E Eficiencia calculada	Nivel de protección correspondiente	I (kA) Corriente de cresta máxima	D (m) Distancia de cebado
$E > 0.98$	Nivel I +medidas complementarias	-	-
$0.95 < E \leq 0.98$	Nivel I	2.8	20
$0.80 < E \leq 0.95$	Nivel II	9.5	45
$0 < E \leq 0.80$	Nivel III	14.7	60

Se empleara un pararrayo de nivel I.

Inspección de pozos a tierra

SUB ESTACION NO UBICACION:					
1.- RESISTENCIA NECESARIA PARA BT HASTA				SERVICIO	
2.-RESISTENCIA MEDIDA					
3.- FECHA DE MEDICION					
4.- INSTRUMENTO DE MEDICION					
MARCA					
MODELO					
SERIE					
PROCEDENCIA					
5.-CARACTERISTICAS DE VARILLA					
VARILLA				LONGITUD	
MATERIAL					
6.- TIPO DE TRATAMIENTO					
SAL/BENTONITA				PROTEGE N	
7.- REFERENCIA					
8.- CORROSION DEL ELECTRODO					
NINGUNA					
BAJA					
ALTA					
EXECESIVA					
9.- OBSERVACION					
LA INSTALACION ES NUEVA					
RESULTADO DEL PROTOCOLO					

Revisado Por

\_\_\_\_\_  
ING MECANICO ELECTRICISTA

**Mantenimiento programado de mantenimiento planificado del pozo de  
puesta a tierra**

<b>Ítem</b>	<b>Descripción de actividades técnicas</b>	<b>03 meses</b>	<b>06 meses</b>	<b>1 año</b>	<b>2 a 3 años</b>
1	Inspeccionar las situaciones ambientales en las que se encuentra el pozo de puesta a tierra.		X		
2	Reposición de componentes del Pozo puesta a tierra. Cambiar lo defectuoso			X	
3	Limpieza física y llenado de agua (100 litros o 5 baldes de 20 litros) del pozo puesta a tierra.	X			
4	Control de medición inicial de Pozo a tierra con Teluometro		X		
5	Excavación de pozo a 1 m de profundidad (mantenimiento correctivo)				X
6	Relleno del sistema de puesta a tierra con tierra de siembra (nuevo)				X
7	Limpieza y lijado de barra de cobre, conector y conductor del pozo de puesta a tierra.		X		
8	Control de medición final del pozo de puesta a tierra con teluometro			X	
9	Reconexión y Ajuste de conector A/B del pozo de puesta a tierra			X	
10	Pintado con pintura amarilla de símbolo Del pozo de técnica de puesta a tierra en tapa de caja de registro			X	
11	Protocolo de prueba de puesta a tierra			X	

## IV. DISCUSIÓN

1. “Simulación de la malla de tierra en subestaciones de alta tensión aisladas en aire”

Autor:

Norman Darío Marín Castaño

Bogotá, 2014

Conclusiones.

Los datos de diseño esenciales que se corresponden obtener en cuenta a la hora de plantear y calcular una técnica de puesta a tierra, evidenciándose que además de los voltajes de contacto y paso se debe considerar el criterio del importe de puesta a tierra  $R_g$  de acuerdo al nivel de mayor tensión.

Según la metodología IEEE80-2000, se encontró y comprobó que, con la ayuda de una herramienta computacional, se puede calcular rápidamente, los datos de voltajes de contacto y de paso para subestaciones aisladas en aire.

El resultado de este trabajo ha sido la automatización de los cálculos teniendo en cuenta todas las posibles combinaciones de parámetros de diseño. La herramienta desarrollada ha permitido una mejor integración entre el hombre y la máquina en el asunto de proyecto de la malla de tierra de las subestaciones, lo cual impacta de manera positiva en la disminución de los períodos de diseño y los costos de material y personal, garantizando al mismo tiempo condiciones de operación seguras para el personal que transita dentro y en cercanías de las subestaciones.

En la presente tesis, Lenin Ávila Gamboa determina que el factor primordial para ganar tiempo en el diseño es aplicar un cálculo por computadora. Para el diseño de la malla.

2. En la tesis “Diseño de sistema de puesta a la tierra de la estación repetidora el Alisal para sistema de telecomunicaciones de movistar”

Autores

Emerson Duche Cabala y Miñan Manrique W.

Guayaquil- Diciembre 2013

El valor de la resistividad del terreno es afectado por las estaciones del año en cuanto a temperatura medio ambiente.

Es significativo realizar el artículo de la resistividad del terreno para realizar el sistema de malla.

Las mallas requieren grandes áreas de terreno para obtener valores bajos.

Los voltajes de paso y contacto son pequeños que los máximos permisibles, de la malla de puesta a tierra garantiza su seguridad a las personas.

En la presente tesis, Lenin Ávila. Se concluye la importancia del estudio de la resistividad, en el análisis se requiere mayores extensiones para bajar la resistividad.

3. En la tesis “Propuesta de mejoramiento del sistema de puesta a la tierra del Centro de cómputo alterno del banco Internacional de la ciudad de Guayaquil”

Autor

Franco Proaño, José Alejandro

Guayaquil- Ecuador 2014

La propuesta de mejoramiento de la malla de puesta a tierra, utiliza las conexiones exotérmicas, las más viables y confiables.

En la presente tesis, Lenin Avila. Se concluye la importancia del estudio de la resistividad, y el uso de las conexiones exotérmicas, la más confiable y mejor conducción de electricidad en los empalmes.

4. No existe un ingeniero eléctrico quien esté a cargo del mantenimiento eléctrico mina además no existe un cuadro de análisis de sub estaciones. De la resistividad de los pozos o mallas a tierra.

En la presente tesis, Lenin Avila. Se realiza la actualización de datos de las sub estaciones. Y se concluye la importancia del proyecto de la malla de puestas a tierra.

5. El Departamento Mantenimiento eléctrico mina, realizo la inspección de los pozos y mallas las subestaciones encontrando algunos en malas condiciones.

En el presente estudio, de Lenin Avila G; se indica que en el trabajo de campo se ha podido actualizar verificar como se ha descuidado los sistemas a tierra de las instalaciones.

**6. Implementación general del sistema de puesta a tierra en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná”.**

Autor

Vergara Camacho Jaime Alejandro.

La Maná – Ecuador. Noviembre, 2014

Se realizó el proyecto siguiendo las normas y técnicas que se observan en la tesis llegando a una conclusión razonable.

Se alcanzó excluir las mermas de las acciones académicas y funcionarias por falta de energía eléctrica, beneficiar en el mayor tiempo donde los alumnos obtuvieran un favorable aprendizaje.

Los costos de operación, se redujeron, al eliminar errores humanos por medio de la unión de sistemas creadores, técnicos y la sistematización.

Lenin Ávila también encuentra que los pasos seguidos en esta tesis es lo correcto en el proyecto del sistema de puesta a tierra

## V. CONCLUSIÓN

Se realizó una inspección al sistema de puestas a tierra encontrándose algunas instalaciones en mal estado algunos sin electrodos, generando un gran potencial de falla en la técnica de malla a tierra.

Con el estudio de las mallas a tierra es necesario mejorar las técnicas de puestas a tierra de la unidad minera con el cálculo y aplicando los contrapesos se llegaría a los  $R= 8.73$  .

Se realizó el cálculo de la malla a tierra continuando aplicando los procedimientos lo cual se expresan detalladamente obteniendo un resultado de resistencia del suelo.  $R=6.81$  .

Para el proyecto de una subestación, no se debe dejar a un lado el conocimiento teórico de todas las ramas de estudio ya que es ahí donde se dan las mejores decisiones en cuanto a diseños o análisis se refiere esta clase de conocimiento no se adquiere de un programa computacional, por lo tanto siempre será recomendable dominar la teoría del diseño de la puesta a tierra, para resolver los problemas que nos presente el campo laboral.

Por esta razón, es importante el aprender el análisis de la técnica de puesta a tierra para adherir a una subestación debido a que a futuro se podría trabajar en este campo, entonces el aprender a plantear el proyecto de un tejido de puesta a tierra nos lleva a estar mejor preparados hacia el mundo laboral.

Al diseñar el sistema de tierra de una subestación se realizó el diseño de la cuadrícula de 10 m. x 20 m. con espacio entre cuadrados de 2 metros, proceso que se debe seguir así como los cambios que va teniendo el diseño al alterar alguno de sus datos iniciales así como corregir los parámetros para un óptimo resultado.

Se realizó una inspección al sistema de puestas a tierra encontrándose algunas instalaciones en mal estado algunos sin electrodos, generando un gran potencial de falla en la técnica de puesta a tierra.



## VI. RECOMENDACIONES

Realizar un análisis de las técnicas de aterramiento de toda la unidad, ya que un técnica de puestas a tierra es importante para salvaguardar a las personas y los animales.

Capacitar al personal electricista en manejo de instrumentos especializados eléctricos.

Preparar y actualizar los diagramas, de los registros de datos que estén claros y disponibles para todo el personal de operación y mantenimiento eléctrico.

Aplicar mejor mantenimiento al sistema eléctrico, debe ser del tipo preventivo, asistido por técnicas predictivas, sobre todo con la nueva tecnología en productos.

Inspeccionar las conexiones de los cables a tierra en los tableros y todos los circuitos de puestas a tierra para denunciar viables averías.

Ejecutar periódicamente mediciones de los de puestas a tierra cada seis meses.  
E instalar cajas de registro faltantes en las sub estaciones.

Se debe realizar los empalmes de cables de los técnicas de aterramiento con soldadura exotérmica.

Realizar la instalación de pozos a tierra o contrapesos en la sub estación estudiada .ya que esta sub estación tiene una medición de 29.2 ohms.

## VII. REFERENCIAS

- Segura Teran., A., Vitela Artega., E., & De Marcos Miñon, H. (2010). *Análisis de la malla de un sistema de puesta a tierra de una sub estación de potencia para su mejoramiento*. Mexico.
- (2000). usa.
- Asdrubal Herrera, J., & Castro Hernandez, O. (2003). *Calculo de una malla de puesta a tierra de una sub estación*.
- Chiriboga Guaras, R. A. (2008). *Proyecto de una puesta a tierra normalizada para centros de transformador en el sector nuevo aeropuerto*. Quito.
- Daza Guzman , R., Gomez Cera, J., & Peña Acosta , Y. (2012). *Diseño del sistema de puesta a tierra de la universidad de la costa aplicando las reglamentaciones vigentes*. Barranquilla.
- Garcia Marquez, R. (1999). *La Puestas a Tierra de Instalaciones Electricas*. Mexico: Alfaomega.
- (2000). *IEEE 80-2000 Guide for Safety in ac Substation Grounding*. usa.
- Perez, F. S. (2011). *Nociones específicas para puesta a tierra en instalaciones mineras*.
- Ramirez Castaño, J. S., & Cano Plata, E. A. (2010). *SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA:Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF*. Colombia: Blanecolor Ltda.
- Ramirez Castaño, S. (2004). *Redes de Distribución Eléctrica*. Colombia.
- Vasquez Muñoz, E. d. (2016). *Diseño del Sistema de Puesta a tierra de una subestación mediante dos metodologías*. Mexico.
- Yanque Tomasevich, M. M. (2006). *Diseño de redes de puesta a tierra en sub estaciones de corriente alterna*.

### Sitios web:

<http://eduardoantonioocanoplata.2010.pdf://bdigital.unal.edu.co/4770/3/>

[http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102\\_Evolucion\\_del\\_conocimiento\\_corriente\\_en\\_el\\_cuerpo.pdf](http://electrico.copaipa.org.ar/attachments/102_Evolucion_del_conocimiento_corriente_en_el_cuerpo.pdf)

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Relación de sub estaciones en Morococha

Ítem	Descripción	Ubicación	Área	Nivel	Resistencia	Potencia
1	sub estación No 1	Superficie	central	Morococha	29.2	2X2000KVA 33/2.4KV
2	sub estación No 2	Superficie	central	Morococha	30.85	Fuera de servicio
3	sub estación No 3	Superficie	central	Morococha	12.31	2000KVA 33/2.3KV 1500KVA 2.3/4.6KV
4	sub estación No 4	Mina-Elisa	central	Nv. 220	20.55	2X100KVA 2.3/4.6KV
5	sub estación No 5	Superficie	central	Pique	23.15	2X100KVA 2.3/4.6KV
6	sub estación No 6	Superficie	central	Rh	20.2	100KVA 2.3/4.6KV
7	sub estación No 7	Mina	central	Nv. 100	13.5	2X160KVA 2.3/4.6KV
8	sub estación No 8	Mina	central	NV. 100	22.9	2X250KVA 2.3/4.6KV

Relación de sub estaciones de la zona de Morococha de la Compañía Minera Quiruvilca.

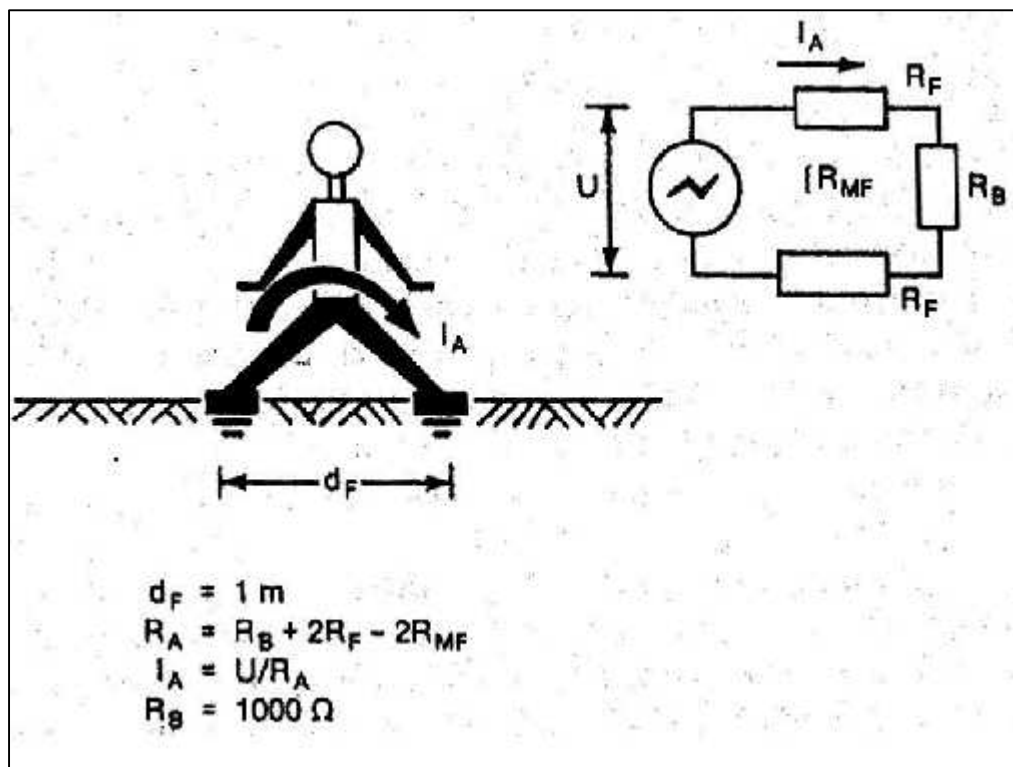
## Anexo 2. Costos de soldadura exotérmica

ITEM	DESCRIPCION	U.M	CAMT	P.U	TOTAL
01	MOLDE PARA EMPALLME T CABLE-CABLE 2/0-2/0AWG TAC-2G2G	PZ	01	338.00	338.00
02	MOLDE PARA EMPLAME CRUZ CABLE-CABLE 2/0-2/0AWG	PZ	01	338.00	338.00
03	CARTUCHO SOLDADURA EXOTÉRMICA 90 GRF20	PZ	100	2,850.00	285000
04	CARTUCHO SOLDADURA EXOTÉRMICA 115 GRF20	PZ	100	2,850.00	2,850.00
05	TENAZA CADWELD TIPO L-160	PZ	01	325.00	325.00
06	CHISPERO O PISTOLA PARA SOLDADURA	PZ	01	58.00	58.00
07	CEPILLO O ESCOBILLA DE LIMPIEZA DE SUSUPERFICIES MATERIALES	PZ	01	85.00	85.00
				<b>TOTAL</b>	<b>6844.00</b>

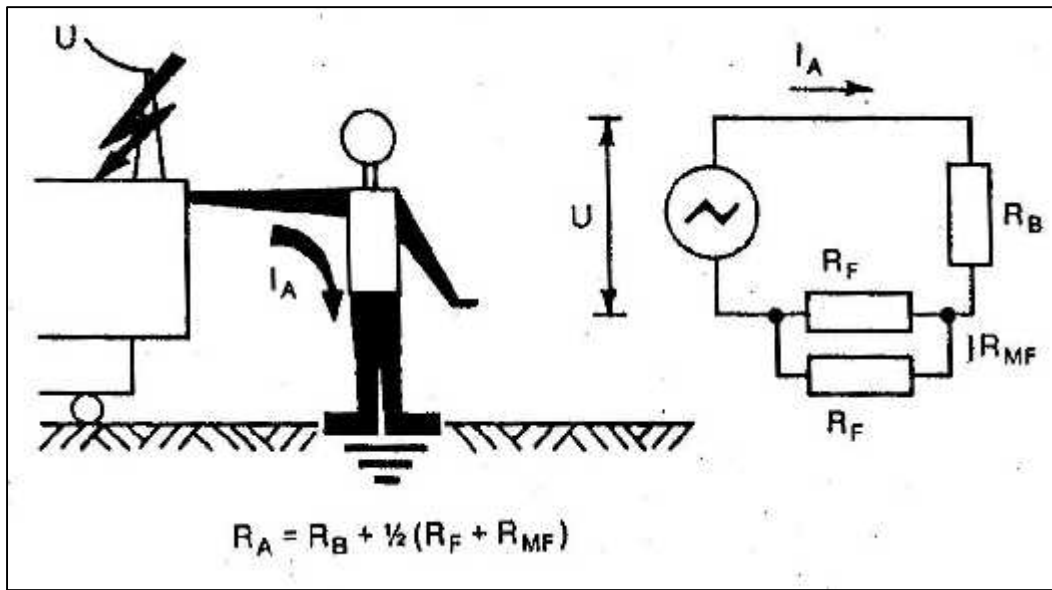
### Anexo 3. Costos de varillas de pozos a tierra

ITEM	DESCRIPCION	U.M	CAM T	P.U	TOTAL
01	VARILLA COOPERWELD 5/8X2.40MT	PZ	04	39.50	158.00
02	CONECTOR AB 5/8	PZ	04	4.00	16.00
03	CEMENTO CONDUCTIVO 25 KG	BLS	04	65.00	260.00
04	CABLE DE COBRE DESNUDO 16MM	MT	32	5.80	185.60
05	CAJUELA DE PVC	PZ	04	47.50	190.00
06	BENTONITA X30K	BLS	04	20.00	80.00
				TOTAL	889.60

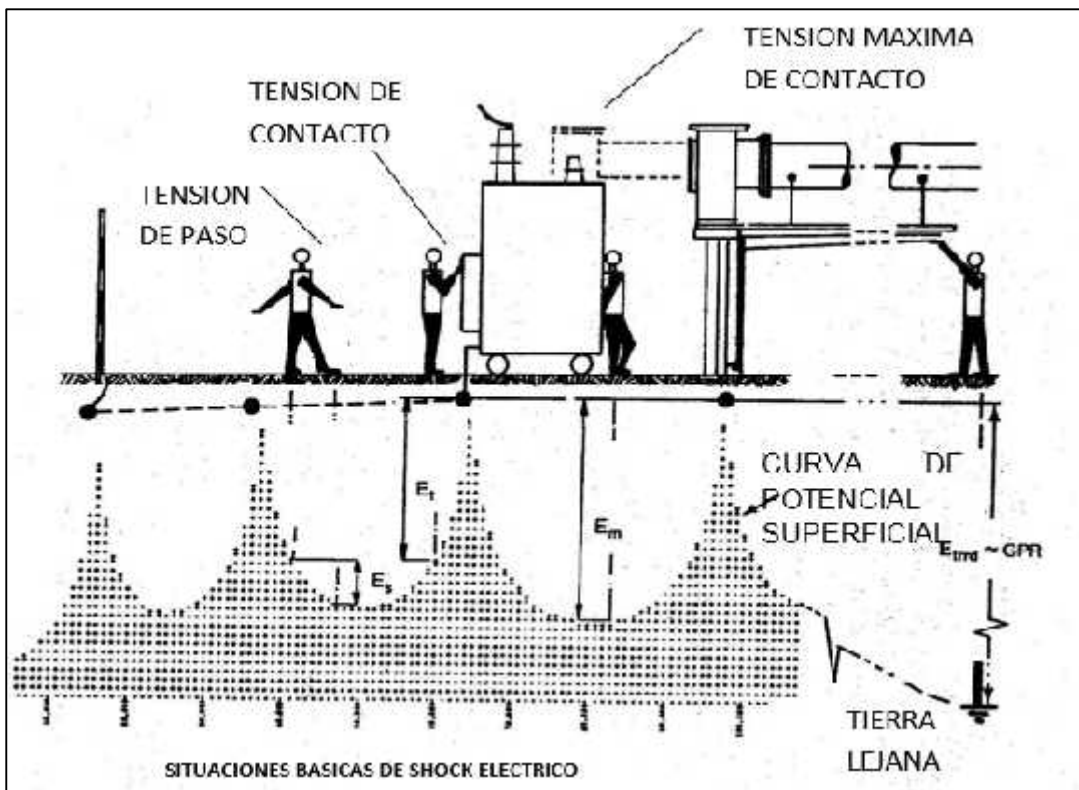
### Anexo 4. Circuito equivalente tensión de paso



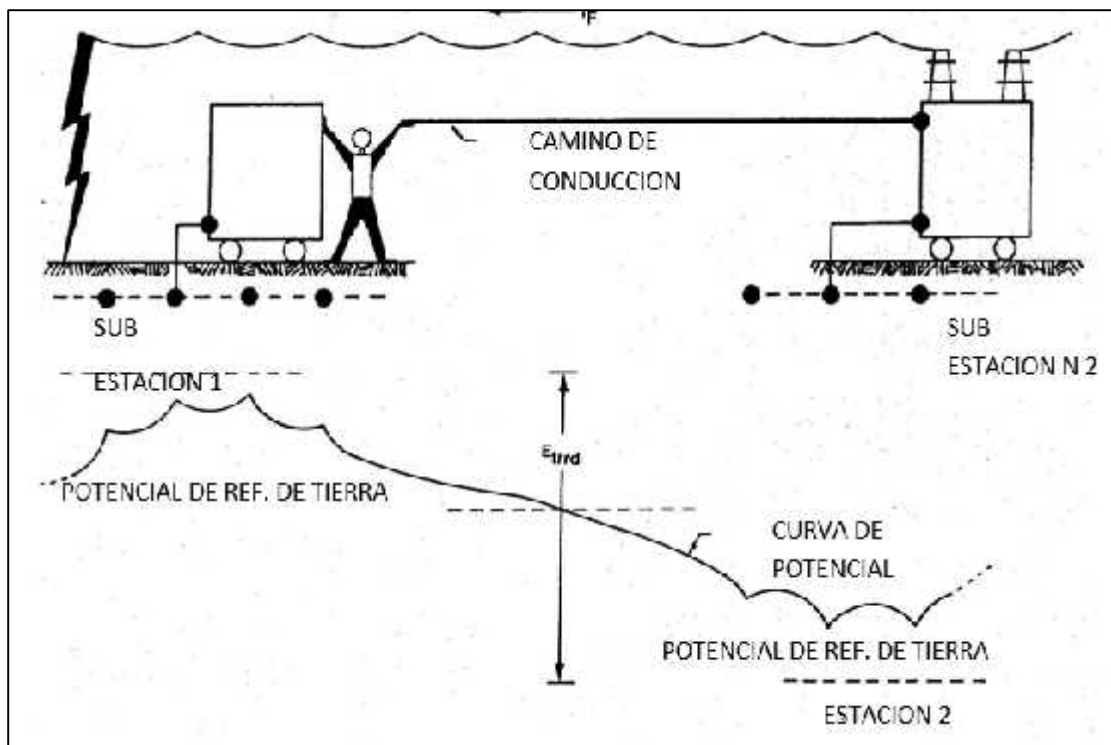
**Anexo 5.** Circuito grafico de tensión de contacto



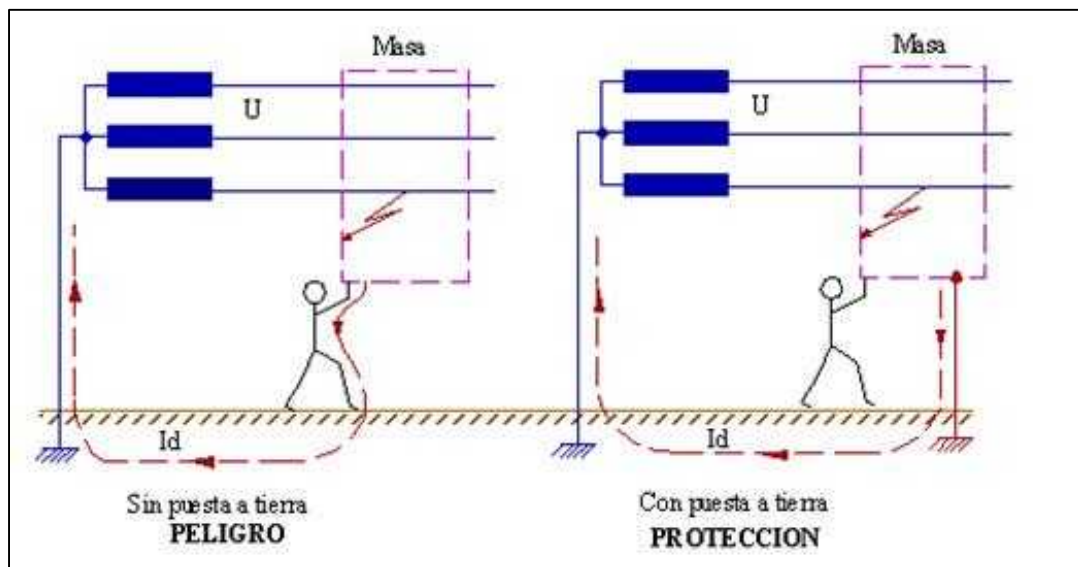
**Anexo 6.** Situaciones básicas de shock eléctrico



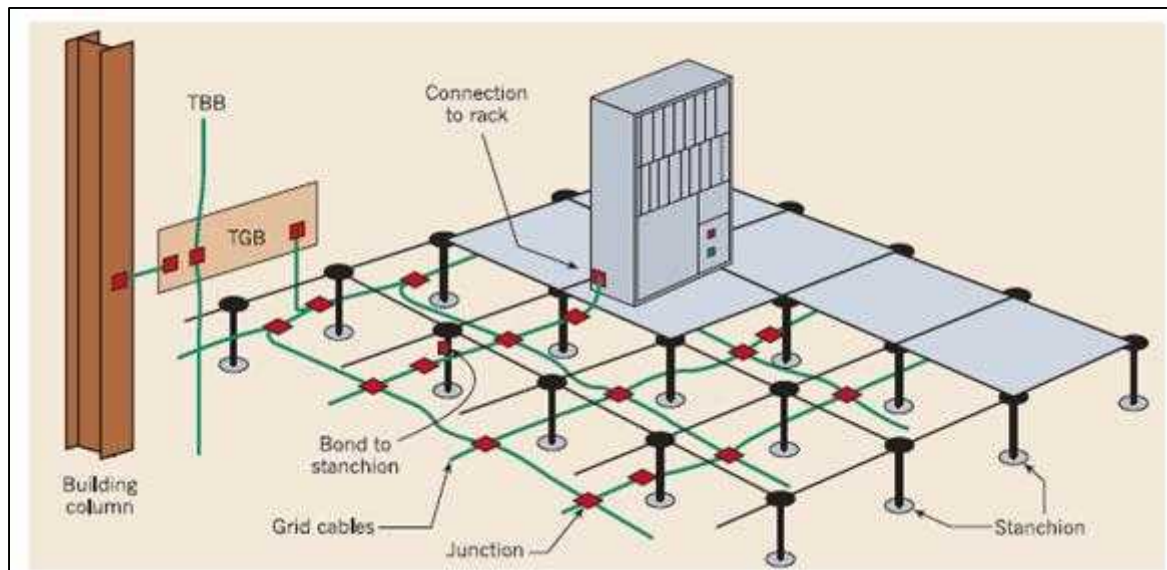
**Anexo 7.** Falla típica de externo transferido



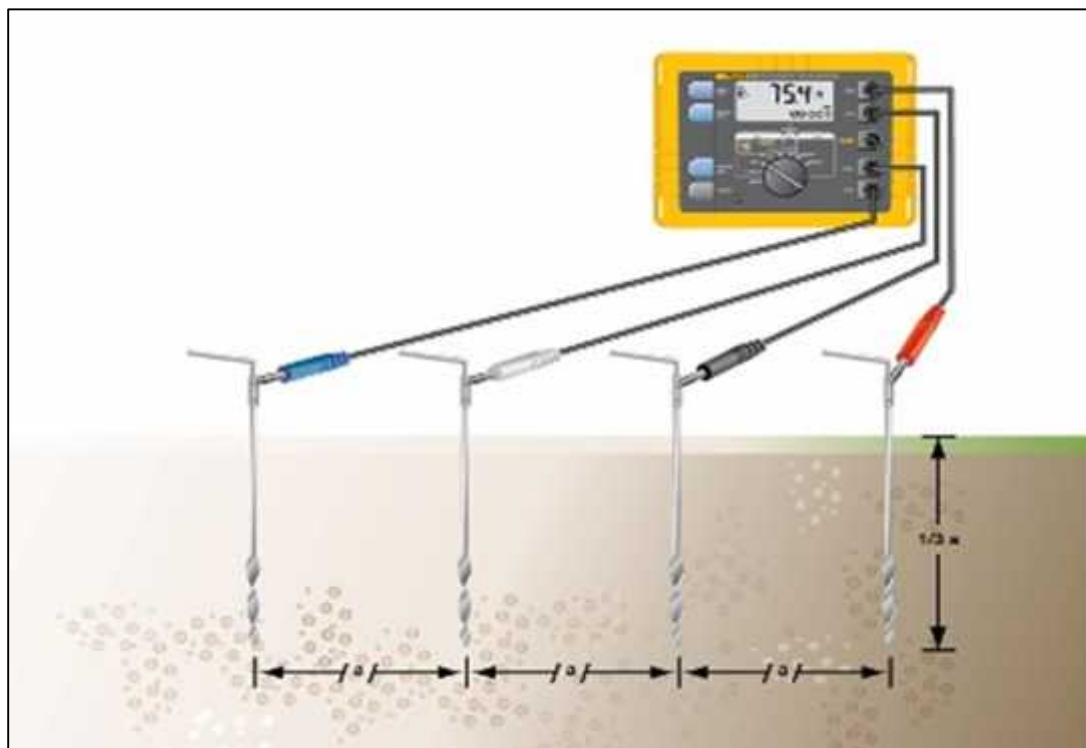
**Anexo 8.** Principios de la protección con puesta a tierra



**Anexo 9.** Conexión a tierra mediante red mallada bajo suelo técnico



**Anexo 10.** Diagrama de instalación de las picas del instrumento Fluke 1625





**Anexo 11. X. fotos**



Fotografía De una caja de registro de una sub estación sin electrodo solamente un cable suelto.



Fotografía De la sub estación de dos transformadores que se encuentra en las instalaciones de Quiruvilca en la zona de Morococha



Fotografía mediciones de la resistencia del terreno