



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la
protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas ácidas-
minera Yanacocha**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Saavedra Laines, Henry Wilson (ORCID: 0000-0003-2643-4416)

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro Daniel (ORCID: 0000-0001-6743-6915)

Línea de investigación:

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A, Dios por brindarme una vida colmada de salud y bendiciones, por Guiarme en la órbita de mi semblanza, por sosegar mi alma y diseminar mí mente, haberme permitido avanzar mis objetivos con la claridad de un nuevo día y estar siempre en los momentos más dificultosos de mi historia. Dedico esta Tesis a mis padres esforzados y mi asesor por sus contribuciones con sapiencia y finalmente a la Universidad Cesar Vallejo por todos los conocimientos otorgados.

Saavedra Laines, Henry Wilson

Agradecimiento

A Dios por haberme encaminado por el sendero de la felicidad hasta el presente y siga siendo mi guía en el futuro.

Reconocer el apoyo brindado por parte de toda mi familia, a mis padres, hermanos.

Quiero fructificar en estas frases el agradecimiento a todos los que me han socorrido y me han considerado a lo extenso de estos años de duro desplazamiento por la Escuela de formación de la Universidad Cesar Vallejos y han hecho que madurara y hallar amigos.

No quería pasar por alto esta coyuntura de mi gratitud a todos los maestros que he tenido durante mi vida académica, desde pequeño y también en esta Escuela, porque entre todos han formado este cimiento para que hoy soy particularmente feliz.

Por todo esto quiero dar mi gratitud.

El autor

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de indagación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos.....	15
3.6. Métodos de análisis de datos.....	17
3.7. Semblantes moralistas.....	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	42

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Valores de resistividad</i>	7
Tabla 02. <i>Factor de conexión K</i>	17
Tabla 03. <i>Personal de Operaciones</i>	18
Tabla 04. <i>Necesidad de sistema de puesta a tierra tipo malla</i>	18
Tabla 05. <i>Sistema de control de voltaje</i>	20
Tabla 06. <i>Seguridad del sistema puesto a tierra tipo malla</i>	21

Índice de figuras

Figura 01. <i>Elementos que componen una evite a tierra.</i>	9
Figura 02. <i>Procedimiento de cuatro picas para medir resistividad del suelo.</i>	16
Figura 03. <i>Área de distribución de la Malla de puesta a tierra.</i>	23
Figura 04. <i>Conexiones con adherencia exotérmica de la Malla puesta a tierra...</i>	31
Figura 05. <i>Conexionado y diseño de la armadura de puesta a tierra</i>	34

Resumen

En la presente tesis titulada “**Diseño de un Sistema de Puesta a Tierra tipo malla para la Protección Eléctrica de la Estación de Bombeo de Aguas Acidas-Minera Yanacocha**”, se pretende desarrollar información verídica que promueva la seguridad de equipos y personas en una estación de bombeo de aguas bombeo de aguas acidas- minera Yanacocha, pudiendo así realizar los cálculos para la implementación de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la protección eléctrica determinando los equipos adecuados y la factibilidad de acuerdo a las características del suelo en su implementación.

En la ejecución se aplicó el método de Laurent y Niemann para obtener la resistencia de la malla, donde se requiere como datos las características eléctricas del terreno o resistividad, largo sistémico del preceptor de la malla (m), el radio del círculo cuya área es la equivalente al área de la malla (m). Que en consecuencia vendrá a ser el método potencial, que requiere de mayores espacios (Ordoñez, 2010).

Para el perfeccionamiento del estudio de las comprobaciones se basó en la norma IEEE Standard 81-1983, IEEE Standard 81.2- 1991 y el IEEE Standard 80-2000, asimismo diferentes consultas Bibliográficas. (Sayaga, 2006).

El modelo IEEE 81-1983, IEEE 81.2-1991 y el IEEE Standard 80-2000 pronostican programaciones en el cálculo de la resistividad de un suelo, la tenacidad del procedimiento de tierra puesta, los declives de la extensión, y el encadenamiento de los preceptores de la malla (Ordoñez, 2010).

Palabras clave: Resistividad, Resistencia, Instalaciones eléctricas, protección.

Abstract

In this thesis entitled "Design of a Mesh Grounding System for the Electrical Protection of the Acid Water Pumping Station-Minera Yanacocha", the aim is to develop true information that promotes the safety of equipment and people in a pumping water pumping acid water- Yanacocha mining, thus being able to perform the calculations for the implementation of a mesh-type grounding system for electrical protection, determining the appropriate equipment and feasibility according to the characteristics of the soil in its implementation.

In the execution, the method of Laurent and Niemann was applied to obtain the resistance of the mesh, where the electrical characteristics of the terrain or resistivity, systemic length of the mesh preceptor (m), the radius of the circle whose area is the equivalent to the mesh area (m). Consequently, it will become the potential method, which requires more spaces (Ordoñez, 2010).

For the improvement of the study of the verifications it was based on the norm IEEE Standard 81-1983, IEEE Standard 81.2- 1991 and the IEEE Standard 80-2000, also different Bibliographic consultations. (Sayaga, 2006).

The IEEE 81-1983, IEEE 81.2-1991, and IEEE Standard 80-2000 model forecast schedules in calculating the resistivity of a soil, the tenacity of the earthed procedure, the slopes of the extension, and the chaining of the preceptors of the mesh (Ordoñez, 2010).

Keywords: Resistivity, Resistance, Electrical installations, protection.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos sean cual fuere su uso o aplicación tienen una característica en común: son inestables; esta inestabilidad radica en la variación de la carga que experimentan los usuarios de acuerdo a la naturaleza de sus actividades a realizar. Esto conlleva a que tales sistemas eléctricos cuenten con equipos de protección contra sobre corrientes y/o sobre tensiones, tales como CUT OUTS, pararrayos, reclosers, puestas a tierra, etc.

En el presente trabajo, se considera de manera específica como protección contra sobre corrientes un sistema de puesta a tierra tipo malla, desarrollando un Diseño de un Sistema de Puesta a Tierra tipo malla para la Protección Eléctrica de la Estación de Bombeo de Aguas Acidas-Minera Yanacocha; permitiendo de esta manera responder a la seguridad de las personas y equipos instalados (motores eléctricos, bombas de aguas residuales, tablero general y transformador de distribución).

Para el proyecto de técnica de puesta a tierra se demanda tener conocimiento del suelo, su resistividad, tejido de puesta a tierra, conductor, fallas por cortocircuito, tensión de paso y de toque, etc. (Sinchi, 2017, p.3).

Para el esbozo de técnica de puesta a tierra en referencia se aplicaron los siguientes métodos:

El método de Laurent y Niemann lo que permitió la obtención de datos en el cálculo de la resistencia del suelo.

La técnica de Dwight siendo un método más exacto que el de Lauren y Nieman.

Siendo la formulación del problema; ¿En qué medida el esbozo de una protección de puesta a tierra para la estación eléctrica que contiene equipos de bombeo de Aguas Acidas-¿Minera Yanacocha permite protegerlos contra fallas a tierra, así como a las personas que las operan?

El presente proyecto de investigación se justifica toda vez que uno de los aspectos más importantes en todo sistema eléctrico es su protección eléctrica, siendo los

aterramientos los que permiten disipar las sobre corrientes disipándose por el suelo, protegiendo de esta manera equipos electromecánicos y personales de servicio. A partir del paraje académico el presente proyecto resulta importante pues sirve de guía o de referencia para quienes estén interesados en realizar diseños de puesta a tierra en otros escenarios similares y de manera específica en el sector industrial.

Siendo la hipótesis formulada; un régimen de puesta a tierra tipo malla ante la aparición de corrientes transitorias indeseables protege a equipos eléctricos y personas contra todo riesgo eléctrico.

Los objetivos generales; diseñar un sistema de puesta a tierra tipo malla para la protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas acidas-minera Yanacocha.

Los objetivos específicos; identificar el tipo de suelo, practicar un determinado número de hoyos para aplicar la automatización para la tenacidad a tierra mediante la técnica de Laurent y Niemann.

Impedir tracciones peligrosas entre distribuciones, equipos y el terreno durante averías a tierra o en contextos normales de manipulación a nivel de cálculo.

Impedir fugas eléctricas peligrosas en los individuos, durante contextos uniformes de marcha, esto siendo comprobado mediante la resistencia total de la maya puesta a tierra.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Trabajos previos

En este trabajo de investigación se tuvieron en cuenta algunos trabajos previos los cuales estudian este tipo de problemática.

Queshuayllo Cancha, Wilbert (2005) - "DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PUESTA A TIERRA DE BAJA RESISTENCIA"; en investigación se describen e interpretan los principios físicos de una puesta a tierra, donde el suelo resulta ser un excelente preceptor de la corriente vibrante al considerar a la tierra desde el punto de vista electrostático como una esfera conductora de radio infinito, teniendo como resultado un potencial de cero; considerando a ésta como el potencial de referencia. Realiza la indagación de la fuga que tiene la corriente vibrante mediante una varilla empotrada en el suelo (sólidamente puesto a tierra), la técnica de la caída de permisible para determinar la resistividad de la superficie, siendo el más acreditado el método de Wenner (o el de los cuatro electrodos). (Queshuayllo Cancha & Wilbert, 2005).

Yanque Tomase Vich, Mirko Mas Henko (2006)- "DISEÑO DE REDES DE PUESTA A TIERRA EN SUBESTACIONES DE CORRIENTE ALTERNA"; en esta exploración se expone un boceto de Puesta a Tierra para una subestación, partiendo del conocimiento que una alta resistividad del suelo puede provocar efectos nocivos a equipos eléctricos y personas cuando en un sistema eléctrico se presentan corrientes transitorias indeseables; cuando realiza el esbozo de acople red a tierra, alcanza a consumir que debe concurrir una baja resistividad próximo de la barra enterrada, lo cual suministrará un acrecentamiento en la capacidad del desplazamiento de la red de Puesta a Tierra y comprimir grandemente la resistencia de propagación, recomendando conjuntamente de que el electrodo debe ser de cobre (Yanque, 2006).

Manani Huayane Carlos Alberto (2013) "SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN EQUIPOTENCIAL PARA SISTEMAS DE CÓMPUTO"; En el argumento de un régimen de automatización, el uso de armadura de puesta a tierra es la crecidamente propicia, si lo tomamos desde el punto de vista

competente, pero no es estrechamente beneficiosa administradamente debido a la necesidad de un conjunto mayor de varillas de Puesta a Tierra, crecidamente el preceptor para su unión equipotencial y evidentemente mayor impetración de recursos de edificación y de unión, así como terminales soldables, o de cimentación, etc. El autor parte del conocimiento de que la sensibilidad de los equipos electrónicos es más susceptible de malograrse cuando se presentan sobre corrientes y/o sobre tensiones, por lo que considera obligatorio diseñar un sistema de situado a tierra menor a 2Ω para asegurar el no deterioro de estos equipos (Manani , 2013).

Castaño, Norman (2014)-universidad de la Salle “SIMULACIÓN DE LA MALLA DE TIERRA EN SUBESTACIONES DE ALTA TENSIÓN AISLADA EN AIRE”, El investigador parte del criterio de que es fundamental de que equipos electromecánicos en subestaciones de alta tensión expuestas a la intemperie (patio de llaves) se encuentren protegidos eléctricamente contra sobre corrientes y sobre tensiones debido a la naturaleza inestable de todo sistema eléctrico sea cual fuere su nivel de tensión. Teniendo en cuenta este escenario, el autor llega a las siguientes conclusiones: El antecedente de esbozo esencial según el autor indica que se debe asumir los voltajes de paso y empalme, que corresponde suponer el criterio del general de puesta a tierra, de unión al horizonte de mayor tensión (Castaño, 2014).

2.2 Conceptos básicos.

2.2.1. Definición de técnica de puesta a tierra

Una puesta a tierra es la incumbencia conductora, por intermedio de la cual una instalación eléctrica o contigua de compendios metálicos que suministran un empalme eléctrico conductivo se conecta a tierra o conductor de extensión respectivamente grande que consuma la función de tierra. Para considerar un SPT como tal, éste debe cumplir cierta normativa, comúnmente establecida por normas nacionales y las Normas Internas de las Empresas Concesionarias de Electricidad (Ordoñez Blancas, 2010,p.25).

En el lapso de los postrimeros años, es perceptible un rápido perfeccionamiento en lo relativo a los métodos eléctricos, que incumbimos en estar consecuentes en que debe hallarse un modelamiento de sistemas de puesta a tierra, por el cual esto ha aumentado el interés, perspicacia y estudio del tema propiamente dicho, asumiendo al mismo tiempo que la acción del diseño ha llegado a ser muy revelador, debido a que las nuevas reglas requieren esbozos seguros, rectos y eficientemente (Gámez, 2000).

Es a consecuencia que el desarrollo del presente proyecto, permitirá explicar más visiblemente las concepciones que interceden en lo que se refiere a puestas a tierra y una escasez de que estas sapiencias sean traspasadas a los proyectistas e instaladores, de forma que pueda conseguir una mayor perspicacia del tema tratado (Qqueshuayllo & Wilbert, 2005).

La IEEE citado por Ordoñez Blancas (2010), precisa como régimen de apuesta a tierra al vínculo conductor, por intermedio de la cual un contorno o equipo eléctrico se enlaza a tierra, o a algún cuerpo preceptor de extensión respectivamente magnánimo que cumple el puesto de tierra.

Se concibe por puesta a tierra la coalición eléctrica de un dispositivo o mecanismo de un procedimiento eléctrico a tierra por medio de conectores que son preceptores de electricidad convenientes. Es significativo indicar que el término regulado para elegir la obstinación dada al paso de una corriente eléctrica hacia la superficie a través de una puesta a tierra es “Tenacidad de Puesta a Tierra” (TPT) (Sayaga ,2006).

Una puesta a tierra muestra aguante, capacitancia e inductancia, las cuales influyen en la eliminación de dirección de corriente a tierra. Por lo tanto, no se debe pensar simplemente en una tenacidad de puesta a tierra, sino más bien en una impedancia de puesta a tierra.

2.2.2.-Resistividad del suelo

Es la capacidad del suelo para transportar corriente ante un ejido eléctrico perseverante. Mediante este vocablo se define a la tenacidad específica del suelo a indiscutible profundidad, logrando ser asimismo un estrato del suelo; se logra furtivamente mediante cálculos elaborados en un definitivo campo; su extensión se expresa en (Λ^* m) u (Λ^* cm), es contrapuesta a la conductividad. En aquel tiempo la resistividad eléctrica (ρ) es la correlación que se da entre la discrepancia de potencial en un material y la consistencia de corriente que deriva en el mismo (Queshuayllo & Wilbert, 2005, p.15).

2.2.3. Toma de tierra

Es un punto físico donde se conectan los equipos y sirve para impedir la marcha de corriente al personal por algún fallo de retrainiento (Gámez, 2000).

2.2.4. Conductor a tierra

Es un preceptor puesto a tierra, encargado del edicto del sistema externo con la pértiga equipotencial, para de ahí distribuirse a los equipos. Estos conductores también se encargan de unir las aglomeraciones al equitativo de la red o a otras concurrencias, a ciertos compendios metálicos diferentes de las masas o a un relé de defensa (Diferencial entre tierra y el sistema) (Pardo, 2014, p.2).

2.2.5. Malla de tierra

La armadura de tierra es un incorporado de preceptores desnudos que permiten conectar los equipos que componen una instalación a un medio de informe, en este caso la tierra. La tierra de amparo interesa para resguardar a las personas de un potencial descarga eléctrica generada por una falla en la disposición interior de las casas u oficinas, y la tierra de servicio sirve para resguardar a los artefactos eléctricos que se hallen dentro de la disposición para que estos no se

quemem, o también sirve en caso de que el neutro de la red pública se corte. Por estas cogniciones en tan significativo dentro de la disposición eléctrica domiciliaria productiva (Daza, Gómez, & Peña, 2012, p.14).

Ambas tierras van planeadas en un punto usual para que así no exista una incompatibilidad de potencial y así los mecanismos puedan actuar y cumplir bien su fin (Sayaga, 2006).

Tres dispositivos componen la tenacidad de la malla de tierra:

- ✓ El aguante del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.
- ✓ La resistencia de empalme entre la malla y el terreno.
- ✓ La obstinación del terreno en que se ubica la armadura.

2.2.6. Tierra

Cuerpo competente de conservar estable su potencial, sin interesar la cuantía de cargas eléctricas que se le introduzcan, absorbiendo y desperdiciando las corrientes indeseables, ofreciendo de esta forma una condición de protección a equipos y personas. Sirve de referencia eléctrica con un voltaje igual a cero, en la siguiente tabla en donde se indican valores de resistividad de acuerdo al prototipo de suelo (Manani, 2013, p.97).

Tabla 1. *Valores de resistividad.*

Naturaleza de terreno	Resistividad (Ω-m)
Terrenos peligrosos	30
Limo	20 - 100
Estiércol	10 - 150
Turba de aspersión	5 - 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas macizas	100- 200
Margas del jurásico	30 - 40
Arena arcillosa	50 - 500

Arena silícea	200 - 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 - 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 - 3000
Calizas blandas	100 - 300
Calzas macizas	1000 - 5000
Calzas agrietadas	500 - 1000
Pizarras	50 - 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de variación	1500 10000
Granitos y gres muy alterados	100 - 600
Hormigón	2000 - 3000
Balasto o grava	3000 - 5000

Fuente: Manani Huayane (2013)

2.2.7. Complejión de una puesta a tierra

La obstinación ofrecida al paso de la corriente eléctrica a través de una varilla dirigida hacia el suelo tiene tres mecanismos principales (Figura 1) (Gómez Aguilar, 2010, p.5).

1. Se trata de la obstinación del electrodo (metal): La cual es baja en comparación con el ítem 3 (Gómez Aguilar, 2010, p.6).
2. Tenacidad de empalme entre la varilla y el suelo. Se puede desatender si la varilla está exenta de cualquier cubierta aislante como tintas, pinturas, grasa, etc.; y si la tierra está bien compactada en la zona de contacto de sus paredes (Gómez Aguilar, 2010, p.6).
3. Tenacidad de la tierra adyacente: ésta en realidad es la dispositivo que influye en el valor de la obstinación de una puesta a tierra y depende elementalmente de la resistividad del suelo y de la repartimiento de la corriente descendiente del electrodo (Gómez Aguilar, 2010, p.7).

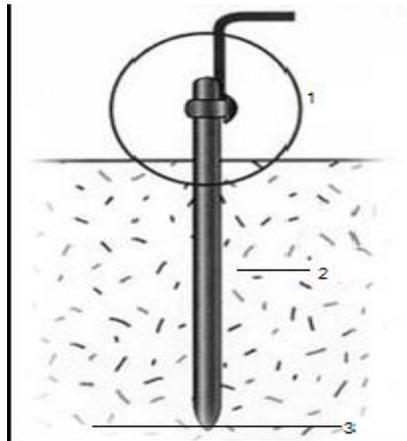


Figura 1: Elementos que componen una evite a tierra.

En la Fig.1 también se ilustra lo que se encuentra cerca del electrodo de evite a tierra, la obstinación del suelo es la suma de las firmezas serie de las celdas o capas concéntricas próximos del suelo, localizadas sucesivamente hacia afuera de la varilla, a medida que aumenta la distancia, será notorio que las capas del suelo muestran una mayor área transversal a la corriente y por tanto una menor resistencia. En aquel tiempo hay que tener en cuenta que la consistencia de evite a tierra reside esencialmente en las capas de suelo más próximas al electrodo. Preceptivamente para una varilla de 1,80 m. de longitud, el 90% del valor de la resistencia de evite a tierra se halla dentro de un radio de 2 m (Pardo, 2014)

2.2.8. Electrodo o pica

Barra de cobre puro o cooperweld (bañando en cobre) que se fija de manera vertical o horizontal y que permite facilitar el paso de las corrientes de falla a tierra (Sayaga T, 2006, p.45)

2.2.9. Sobrevoltaje

Todo aumento de voltaje competente de colocar en riesgo el material o el buen trabajo de una disposición eléctrica (Pardo, 2014).

2.2.10. Fallas por cortocircuito

Una avería es la disipación inoportuna del aislamiento relativo de dos preceptores de tensión diferente (alimentados de la misma fuente), sin la interpolación de una impedancia conveniente. Las subestructuras eléctricas requieren siempre de la protección contra contactos donde quiera que exista esta falla. La corriente de avería se debe calcular en cada nivel de la disposición con el propósito de establecer las características del dispositivo requerido para soportarla y/o eliminarla. Para dimensionar el preceptor de una malla a tierra es necesario conocer la corriente máxima de falla que se puede generar en el sistema a proteger (Falla asimétrica trifásica) (Sayaga, 2006, p.19).

2.2.11. Voltaje de paso

Es la discrepancia de potencial que durante una falla se muestra entre dos puntos del área del terreno, separados por un trayecto de un paso (cerca de un metro) (Sinchi, 2017, p.36).

2.2.12. Voltaje de toque (voltaje de contacto)

Es la discrepancia permisible que durante una falla se presenta entre una distribución resistente puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. El recorrido horizontal es semejante al aforismo que se puede alcanzar al explayar un brazo (Pardo Romero, 2014, p.47).

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y diseño de indagación.

TIPO DE INVESTIGACIÓN En el presente trabajo de investigación, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA TIPO MALLA PARA LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS ACIDAS-MINERA YANACOCHA” se está utilizando el tipo de exploración aplicada porque nos enfocaremos en dar una solución específica a las dificultades presentadas en la protección de equipos eléctricos en el tiempo de bombeo de aguas excedentes de la municipalidad provincial de San Marcos.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. En el coetáneo trabajo de investigación, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA TIPO MALLA PARA LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS ACIDAS-MINERA YANACOCHA” el esquema de investigación utilizada es no empírico ya que no se manipularán las inconstantes para saber el efecto que causa en las otras variables.

Todos los sistemas eléctricos diseñados y puestos en servicio cuentan con mecanismos de protección contra fallas de puesta a tierra ya sea por sobre corrientes o sobre tensiones; esto con el propósito de evitar incidentes y pérdidas monetarias y afirmando la prolongación de la prestación de energía eléctrica para el fin requerido por el usuario.

Artefactos y equipos que funcionan con energía eléctrica están sujetos a experimentar fallas, generando corrientes no deseadas (corrientes transitorias no deseadas), provocando accidentes a las personas que los manipulan (riesgo eléctrico, electrocución). Para evitar estos accidentes indeseados se hace necesario la implementación de sistemas de protección como es el de puestas a tierra ya sea instalando electrodos o mallas (reticulado de conductores de cobre, temple blando); en ambos casos adicionándoles materiales ecológicos como thorgel o bentonita, permitiendo de esta manera disminuir el valor de la resistencia a valores permisibles establecidos en la normativa.

Por lo indicado en el párrafo anterior resulta primordial tener un correcto establecimiento de la técnica de evite a tierra como medida de salvaguardia de las infraestructuras eléctricas, sea cual fuere su nivel de tensión y uso. }

Un buen esbozo de un régimen de malla de puesta a tierra en la estación de bombeo de aguas acidas permitirá proteger y garantizar el normal ejercicio de los dispositivos existentes, así como evitar riesgos eléctricos en el personal que labora en dicha estación.

Las Empresas Concesionarias de Electricidad en nuestro País, antes de la recepción y puesta en servicio de una obra de electrificación entre otras pruebas realizan mediciones de puesta a tierra; sin embargo, debido a las condiciones climáticas cambiantes de humedad y temperatura de los suelos (cambiando sus estratos) y a la degradación de las propiedades de los compuestos químicos que se adicionan al inicio en los regímenes de evite a tierra, hacen que se incrementen su resistencia, no teniendo en el tiempo un adecuado mantenimiento para obtener valores por debajo de los estándares indicados por el Código Nacional de Electricidad.

Resulta entonces una tarea por realizar de parte de las Empresas Concesionarias de Electricidad a fin de tener sistemas eléctricos confiables que permitan proteger tanto al usuario y a los equipos componentes que hacen uso de la energía eléctrica para su funcionamiento.

3.2. Variables y Operacionalización.

3.2.1. Variable Independiente.

Diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla.

Definición conceptual Un evite a tierra es la unión conductora, por medio de la cual un contorno eléctrico o unido de elementos resistentes que proporcionan un contacto eléctrico conductivo se conectan a tierra o a algún cuerpo mentor de dimensión comparativamente grande que cumple la ocupación de tierra.

Definición operacional Régimen de protección, que utilizaremos para minimizar los daños en equipos eléctricos y aparatos de medición en la estación de bombeo de aguas acidas-Minera Yanacocha.

Dimensiones Resistividad del terreno, Resistencia de la malla y Sección mínima del conductor.

Escala de medición ohmio (Ω) y mm^2

3.2.2. Variable Dependiente.

Protección automática de la estación de bombeo de aguas acidas - Minera Yanacocha.

Definición conceptual La principal función es la detección y desconexión inmediata de un circuito defectuoso con la finalidad de evitar daños o la destrucción restante de la instalación eléctrica.

Definición operacional En el área de operaciones en la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha., utilizaremos la protección eléctrica en equipos como: transformadores, los tableros eléctricos de los regímenes de bombeo y sistemas de iluminación.

Dimensiones Voltaje, intensidad de corriente, potencia eléctrica, Resistencia y tiempo. **Escala de medición** Voltio (V), amperaje (A), Watt (W), ohmio (Ω) y segundo (S). En el anexo N° 3, se encuentra la matriz de Operacionalización de variables

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población: Es la cantidad es el objeto de exposición por lo tanto son el conjunto de evites a tierra tipo malla en Cajamarca.

Muestra: Es el subconjunto de la población por lo tanto para el siguiente proyecto vamos a tomar los sistemas de puesta a tierra en la Minera Yanacocha.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Observación: se aplicará directamente al trabajo en la red del procedimiento de evite a tierra tipo malla para la protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas acidas-Minera Yanacocha.

Entrevista estructurada: se aplicará principalmente al personal que trabaja en el área de operaciones, procesos de estación de bombeo encargados de la instalación del régimen de puesta a tierra en la Minera Yanacocha.

Cuestionario: se efectuará un cuestionario al personal de campo con el objetivo de conocer la insuficiencia de diseñar un régimen de evite a tierra tipo malla para el resguardo eléctrica de la estación de bombeo de aguas acidas-Minera Yanacocha.

Revisión documentaria: para obtener la información en la presente investigación usaremos distintos tipos de revisión de documentaria, referente diseñar un régimen de evite a tierra tipo malla para la protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas acidas-Minera Yanacocha.

Ficha de Información: Se efectuará en los trabajos manuales con respecto a lo deficiente que es la protección de equipos eléctricos en el área de procesos de la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha.

Guía de entrevista: se formularán preguntas a las personas involucradas en el trabajo de campo con respecto a lo deficiente que es la protección de equipos eléctricos en el área de procesos de la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha.

Cedula de cuestionario: Se brindarán hoja de cuestionario impreso, el cual servirá para conocer el nivel de insuficiencia de diseñar un régimen

de puesta a tierra tipo malla para la defensa eléctrica de la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha.

Validez: en el presente trabajo de investigación los datos serán validados por expertos en la materia, se valorará el aspecto metodológico con respecto al diseño de la técnica de evite a tierra tipo malla para la salvaguarda eléctrica de la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha.

Confiabilidad: el proyecto de investigación será confiable debido a que se usara información de primera mano que es recogida directamente de campo y esta será validada por especialistas de acuerdo al área de investigación.

3.5. Procedimientos.

3.5.1- Régimen de la resistividad del terreno

Aplicación del Procedimiento de Wenner (o el método de las cuatro varillas) para medir la resistividad del terreno, siendo necesario hallar la hondonada y el grueso de capa estratificada del suelo en los puntos de interés; así semejante para localizar los productos óptimos para una disposición de un sistema de malla tierra.

Se requiere el empleo de los siguientes equipos: telurómetro con cuatro terminales. A continuación, se muestra un esquema del método de Wenner.

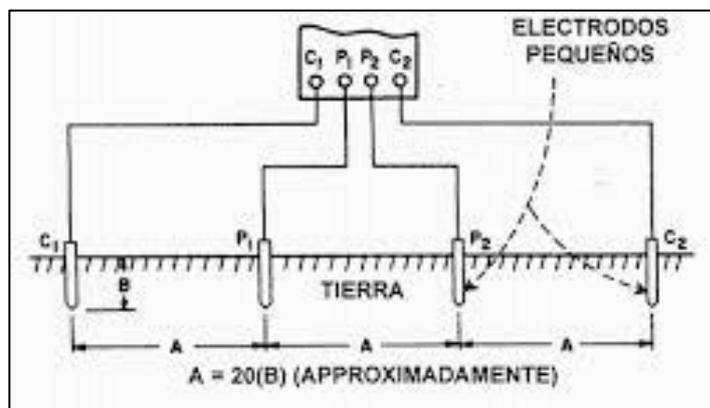


Figura 2. Procedimiento de cuatro picas para medir resistividad del suelo.

Fuente: (método Wenner)

3.5.2.- Cálculo de la resistencia de la malla método de Schwartz

Para la automatización de la obtención de la malla de tierra, aplicando el método de Schwarz, instituye que el aguante de una malla está dado por la siguiente expresión:

$$R_s = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

Donde:

- R_1 es la tenacidad a tierra de preceptores de red en (Ω).
- R_2 es el aguante a tierra de todas las varillas de tierra en (Ω).
- R_m es la obstinación de tierra mutua entre el grupo de preceptores de la red R_1 y el grupo de disperses de tierra, R_2 en (Ω).

3.5.3. Cálculo de la sección pequeña del conducto

El IEEE Std. 80-1976, Guide for Safety in Substation Grounding, la medida aprobada por la producción eléctrica, usa la ecuación de Onderdonk como base para seleccionar el imperceptible tamaño del preceptor que se funda bajo circunstancias de falla.

$$S_{\min} = K \times I_F \times \sqrt{T_{op}} / 1973$$

Donde:

$S_{\text{mín}}$: Sección mínima del preceptor de la malla puesta a tierra (mm²)

IF: Corriente de falla a tierra monofásica. (A)

Top: Tiempo de desembarace de la falla (seg.)

TA: Temperatura fórmula admisible (450°C)

K: Factor de conexión (9.12)

El factor de unión K varia de la máxima destemplanza admisible para los diversos tipos de uniones.

Tabla 2. Factor de conexión K.

Tipo de unión	Temp. admisible (°C)	Máx. Valor de K
Conexión soldada	450	9,12

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Métodos de análisis de datos

Análisis Descriptivo. Se tomará en cuenta tomando información del lugar afectado en el esbozo de una técnica de evite a tierra tipo malla para la protección eléctrica de la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha utilizando los elementos estadísticos para tabulación y gráficos.

3.7. Semblantes moralistas.

Los datos consignados en la investigación son propios del resultado de ejecución de la misma, proyectados con la finalidad de mejora de un sistema visto como parte de la seguridad laboral.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados de entrevista realizada

4.1.1 Entrevista

Se aplicó la presente entrevista principalmente al personal que trabaja en el área de operaciones, en los procesos de estación de bombeo y encargados de la disposición del método de envite a tierra en la Minera Yanacocha.

Siendo el objetivo principal verificar la factibilidad del diseño e ejecución del método de envite a tierra tipo malla para la protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas ácidas-minera Yanacocha”

Tabla 3. Personal de Operaciones

Área de operaciones
Jefe de procesos de estación de bombeo
Auxiliar de planificación
Técnico

Fuente: Elaboración propia

A. Cuestionario

Interpelación N°1

¿Por qué considera usted necesario la realización de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la protección eléctrica?

Análisis

Ante cualquier realización de alguna actividad que acarree el uso de equipos de alto voltaje se debe discurrir a un buen procedimiento de resguardos que puedan conducir cualquier fuga de energía a tierra.

Tabla 4. Necesidad de sistema de puesta a tierra tipo malla

ÍTEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
------	--------------	------------	-----

1	SI	2	66.7
1	NO	1	33.37
TOTAL		3	100

Fuente: Elaboración propia

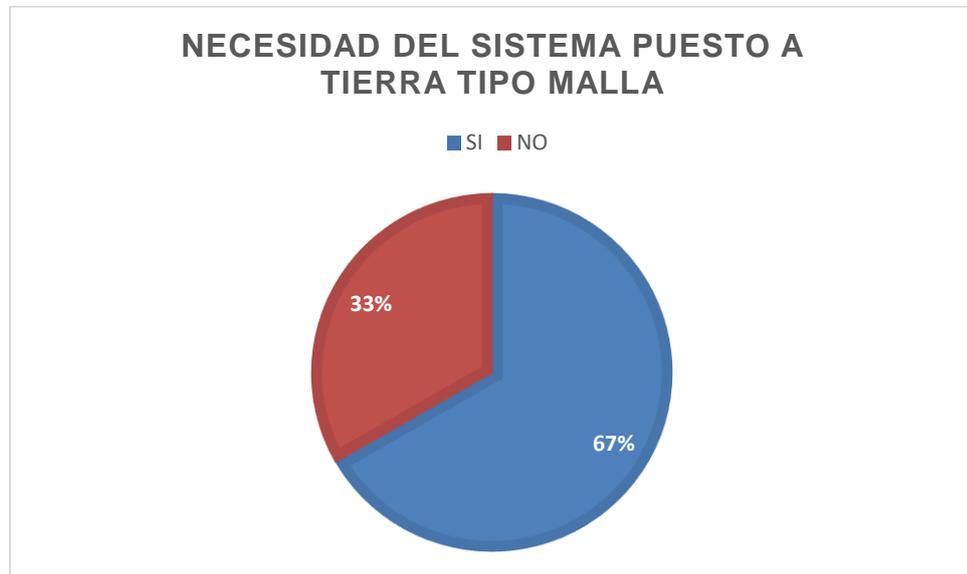


Gráfico 1. Necesidad del sistema

Como se puede observar el 66.7% de los recursos humanos del área de sistematizaciones en la Minera Yanacocha se encuentra en las condiciones de responder que un método de puesto a tierra de tipo malla conduce a mitigar cualquier fuga, por su lado el 33% requiere de capacitación.

Interpelación N°2

¿Conoce usted de un régimen que restrinja el voltaje a tierra sobre materiales directos, conductivos que transitan preceptores o equipos automáticos?

Análisis

Si, un método que nos admite la intervención de las tracciones peligrosas, mientras los relés, cortacircuitos o interruptores quitan la falla, mediante acople de la unión de baja firmeza con la tierra para establecer un recorrido de retorno efectivo a la corriente de falla.

Tabla 5. Sistema de control de voltaje

ÍTEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	1	33.37
1	NO	2	66.7
TOTAL		3	100

Fuente: Elaboración propia

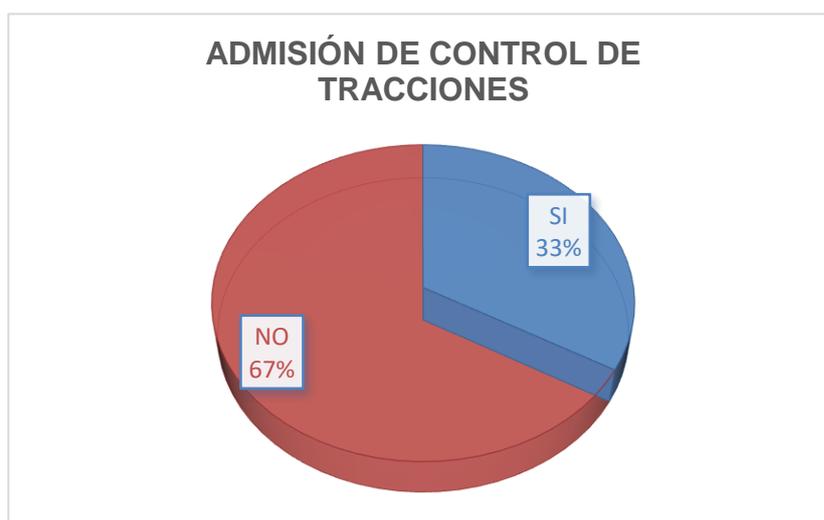


Gráfico 2. Admisión de control del sistema

Del 100% del personal de operaciones de la minera Yanacocha el 33 % admite que es un sistema que puede contrarrestar una falla eléctrica, que en un entreno de los casos puede convertirse en la pérdida de vidas humanas., mientras que el 67% nos muestra su desconocimiento, teniendo así que falta capacitación aún cuanto el lugar de prestación de labores acarrea un índice de riesgos considerables.

Interpelación N°3

¿Piensa usted que un método de envite a tierra tipo malla para la protección eléctrica está relacionado con la seguridad?

Análisis

La conexión automática es para aseverar que, si una falla ocurriese, en aquel tiempo el potencial sobre todas las distribuciones metálicas conductoras exteriorizadas sea implícitamente, en otras palabras, la conexión eléctrica igual el potencial en el interior de la estación, de modo

que las disconformidades de potencial consiguiente son mínimas, De este modo, se crea una “plataforma” equipotencial segura para la maniobra.

Tabla 6. Seguridad del sistema puesto a tierra tipo malla

ÍTEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	(%)
1	SI	3	100
1	NO	0	0
TOTAL		3	100

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 3. Seguridad del sistema

El 100% del personal de operaciones está convencido que de llegar a implementarse este tipo de sistema las condiciones de seguridad van a mejorar significativamente, incrementando así el adecuado funcionamiento de los equipos de proceso.

4.2 Memoria descriptiva

4.2.1 Generalidades

La presente memoria descriptiva, resume el “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA TIPO MALLA PARA LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS ÁCIDAS-MINERA YANACOCHA”, donde se instalarán a la intemperie seis

transformadores de 800 KVA cada uno, dos tableros de distribución principal, tres tableros de distribución, seis tableros de control por variadores de velocidad, un tablero de servicios auxiliares, tres tableros de control de bombas, un tablero de control por PLC y seis bombas para agua acidas.

El esbozo de la técnica de Envite a Tierra tipo malla será profunda y se dimensionará con el mayor importe de corriente de falla a tierra calculado.

El proyecto está ubicado dentro de las instalaciones de la unidad Minera Yanacocha, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

El objetivo de esta memoria es describir cómo deberán ejecutarse los trabajos, y debe ser considerada complementaria a las especificaciones técnicas y los planos de diseño.

Adicionalmente, se incluirá en el informe las exigencias de los fabricantes de dispositivos, la lista de materiales, y toda otra documentación que se juzgue necesaria para la considerada realización de los compromisos. En todos los casos se seguirán las indicaciones de los planos del informe, de los fabricantes de los equipos y de la dirección del diseño.

4.2.2 Normas

El informe se ha desarrollado de acuerdo a las normas:

- NFPA (National Electrical Code - NEC),
- VDE 0141: Earthing Systems in A. C.
- ANSI / IEEE STD. 80-2000: IEEE Guide for safety in A.C. Substation Grounding.
- ANSI / IEEE STD. 81-1983: IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.
- ANSI / IEEE STD. 81.2-1991: IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems.

- Reglamento Nacional de Edificaciones, así como el Código Nacional de Electricidad Utilización y Suministro.

4.2.3 Área del alcance

El área disponible y utilizada para distribuir el conductor de cobre y generar la armadura de envite a tierra se muestra en la figura 3. Se indica el área de los tanques y ubicaciones de los equipos eléctricos.

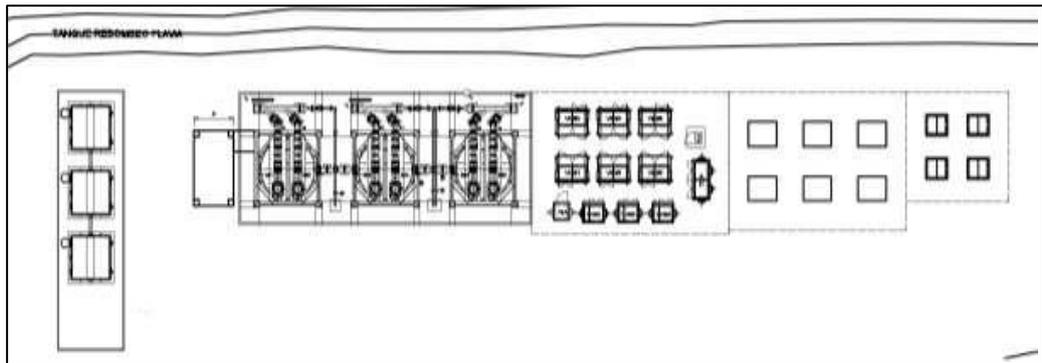


Figura 3. Área de distribución de la Malla de puesta a tierra.

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.4 Procedimiento de evite a tierra

El "DISEÑO DE UN SISTEMA DE EVITE A TIERRA TIPO MALLA PARA LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUAS ÁCIDAS-MINERA YANACUCHA" serán ejecutados de acuerdo a los planos SPTTM-E-IE-02, contarán con 6 pozos de evite a tierra y una malla de tierra profunda 59.5 x 9.5 m, ocupando un área total de 71.5 x 9.5 m, se instalará una mecha de cable de cobre desnudo desde la malla de envite a tierra profunda a cada de tablero como se indica en los planos, las uniones de los cables de cobre serán mediante soldadura exotérmica de igual forma para las derivaciones. Se realizará la medición de este sistema para que el resultado sea menor o igual a 5 Ohm.

Los cables para la puesta a tierra malla profunda será con cable de cobre despojado de calibre 4/0 AWG (95 mm²), las torcidas salidas a los tableros y aglomeraciones de los equipos eléctricos de tierra serán del tipo XLPE color amarillo/verde y/o de cobre desnudo, de acuerdo a lo indicado en planos.

4.3 Especificación técnica para puesta a tierra

4.3.1 Generalidades

4.3.1.1 Objetivo

A. Esta especificación técnica indica la evite a tierra de los sistemas y equipos eléctricos y los requerimientos básicos para la evite a tierra para el amparo de la vida de los operadores, protección de equipos, circuitos y sistemas.

B. Los requerimientos de evite a tierra indicados en este manuscrito se complementa con la especificación técnica de montaje.

4.3.1.2 Documentación

A. Certificado de calidad de los productos firmados por el fabricante, registrando los ensayos ejecutados, garantizando que sus productos cumplen con los requerimientos especificados, indicando la procedencia de los productos ofertados.

B. Presentar para cada elemento en esta base las hojas técnicas y datos del producto.

C. Como lo solicite el Cliente.

4.3.1.3. Aseguramiento de calidad

A. Debe cumplir con el NFPA 70 “National Electrical Code” y que se encuentren listados y etiquetados por UL, de estar disponibles.

B. Cumplir con la UL 467 “Norma para Seguridad de Puestas a Tierra y enlace de equipos”.

C. Otras normas con la última edición vigente:

D. Cumplimiento de la normativa dada por el Ministerio de Energía y Minas en lo que concierne a normas e instalaciones eléctricas.

E. Entregar el plan de inspección y ensayos a ejecutar en la actividad, registrando los formatos a utilizar.

4.3.2 Requerimientos técnicos mínimos

4.3.2.1 Características.

Preceptores de evite a tierra

A. Los preceptores de cobre desnudo, temple blando, cableado concéntricamente de 95 mm² ó 70 mm² para circuitos principales y 70 mm² ó 50 mm² para circuitos derivados, para el aterramiento de los equipos, tableros y motores se indicará en la lista de cables.

B. Los preceptores para la evite a tierra de los dispositivos serán de cable de cobre con aislamiento de color amarillo/verde.

C. Los conductores que se conectan con la varilla de evite a Tierra serán de cobre tipo conductor cableado concéntrico.

D. Las barras de evite a tierra serán de cobre recocida, estañada de sección transversal circular o de acero recubierto de cobre, según como se indique en los planos de instalaciones del régimen de evite a tierra.

E. Los puentes de unión trenzados serán del tipo cinta de cobre estañada, alambre de cobre trenzado, estañado desnudo, con terminaciones de casquillos de cobre, donde se requiera.

F. Las fajas de conexión o platinas de cobre blando estañado, como se indique en los planos de instalaciones del sistema de evite a tierra.

G. Por cada equipo se dejará una mecha de puesta a tierra de no menos 5.0 m como se indique en la topología típica de evite a tierra, el cual se conectará en la barra de tierra interna de cada equipo, el cable será como mínimo de 50 mm².

H. Las mechas de puesta a tierra para los variadores de velocidad se harán con cable flexible clase 5 (UNE-EN 60228), con aislamiento XLPE, como mínimo de 95 mm². Estas se conectarán como se indique en la topología típica de puesta a tierra.

I. Los terminales de compresión y pernería serán zincados.

a) Conectores

A. Los conectores y grapas de presión serán de alta conductividad de capacidad de cable de 120 mm² como máximo, similar a los conectores Burndy GP y GK.

B. Se considerará los conectores entre uno o más preceptores y las varillas de puesta a tierra, similar a los conectores Burndy GB o GBM.

C. Para unir diferentes tipos de conductores, por muestra; barras de tierra a cintas o cable, se dispondrán de los conectores apropiados.

D. El método de unión por remache no es aceptable, pues las sujeciones se sueltan por agitación, oxidación, etc.

E. Para las uniones por soldadura exotérmica se considerará suministrar el equipo completo para este fin, según las instrucciones escritas del fabricante para tipos, tamaños y combinaciones específicas de conductores y elementos de conexión.

F. Estas alianzas se cumplirán mediante un modelo de carboncillo que se diseña para concertar el tipo determinado de unión y el gigantesco de los mentores. Usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvos de aluminio y de óxido de cobre y la obstrucción que se crea forma una unión de cobre implícitamente puro en torno a los conductores. La reacción de alta temperatura se provoca en el interior del molde de grafito.

G. De esta manera se obtienen uniones automáticas que exteriorizan todas las ventajas de los terminales y uniones convenidas. Todos estos factores proveen una unión de baja o nula obstinación eléctrica de contacto con una elevada calidad electromecánica, perpetua, sin necesidad de mantenimiento.

Pozo de tierra

A. Las barras de envite a tierra será tipo copperweld o cobre sólido, de 3/4" (19 mm) de diámetro por 10' de longitud (3 m), estos no podrán ser cortados y serán de fábrica.

B. En algunos casos se considerará instalar electrodos de placas, estos serán de forma rectangular o cuadrada, de cobre, las dimensiones se indicarán en los planos de instalaciones de la técnica de envite a tierra.

C. El pozo de registro uno para cada varilla, será una caja cuadrada de concreto de 300x300 mm y de 350 mm de longitud con tapa, para el mantenimiento.

D. Para mejorar la calidad conductiva del suelo se deberá tratarlo convenientemente con arcilla natural (bentonita) que no deteriora la varilla de tal forma que se logra mejorar suelos que tienen resistencia media de 30 ohmios, reduciéndola a 5 ohmios o menos.

E. Las varillas se ubicarán a una distancia equivalente como mínimo a dos veces la longitud de varilla entre cada uno y otra varilla de envite a tierra.

4.3.2.2 Pruebas

Realizado la instalación del sistema de envite a tierra, se recurrirá a un telurómetro, para la comprobación de la resistencia propia de cada pozo a tierra, luego se comprobará el sistema completo.

4.4 Especificación técnica para puesta a tierra montaje

4.4.1 Generalidades

a) Objetivo

Esta especificación técnica de montaje tiene por objeto describir el procedimiento de trabajo empleado para la instalación de la técnica de Envite a Tierra para los dispositivos, aterramiento de protección y conexiones de masa; así mismo de la disposición de la armadura

de puesta de tierra profunda, de tal forma que se cumplan con los requerimientos de calidad y seguridad.

b) Documentación Para la ejecución de la malla a tierra se tendrá que emitir el procedimiento constructivo escrito de trabajo seguro y el plan de inspección y ensayos indicando los formatos a utilizar en los entregables.

c) Consideraciones se tomaron las siguientes consideraciones:

A. Para la ejecución de la malla a tierra se tomará en cuenta la zona de montaje en caso se tenga que trabajar con equipos y cables energizados, para estos casos deberá tener una consideración especial tomando las medidas de seguridad correspondientes para eliminar el riesgo de accidentes.

B. Previo al traslado de los equipos el ejecutor comunicará a la supervisión el procedimiento constructivo para esta labor.

C. El ejecutor deberá gestionar los permisos necesarios para este trabajo junto con la supervisión y seguridad de obra.

E. Se solicitará al ejecutor datos de calificación para demostrar su capacidad y experiencia. Incluir listas de proyectos culminados, con nombre de proyectos, y otra información especificada.

F. Cumplimiento de la normativa impuesta por el Ministerio de Energía y Minas en lo que concierne a normas e instalaciones eléctricas.

d) Costos

A. El ejecutor deberá incluir en la partida correspondiente todos sus costos para el montaje del SPT descritos en la presente

especificación y de acuerdo a los planos de montaje indicados en los planos del presente documento.

B. El ejecutor deberá suministrar y considerar dentro de sus costos en las partidas de la oferta todos los terminales de cobre estañado, los conectores de cobre tipo Burndy, varillas copperweld, soldadura exotérmica, cintillos de amarre, cinta aislante y demás consumibles necesarios para la correcta conexión en los diversos tanteos de envite a tierra. Indivisibles materiales que deberán ser por cuenta del contratista.

4.4.2 Ejecución

a) Instalación y montaje

A. Traslado del personal a las instalaciones del cliente.

B. Asegurarse de haber obtenido los permisos correspondientes.

C. Se instalará el preceptor de envite a tierra a todos los dispositivos, con conductores de circuitos desde el Tablero Principal, además de aquellos requeridos por el código:

1. Circuitos derivados y alimentadores.

2. Circuitos de alumbrado.

3. Circuitos de tomacorrientes.

4. Motor monofásico o circuitos derivados.

5. Motor trifásico o circuitos derivados.

6. Recorridos de canaletas flexibles.

7. Recorridos de cable blindado o con protección metálica.

8. Tableros y estructuras metálicas.

D. Los pozos de puesta a tierra serán con varillas y se ubicarán a una distancia equivalente como mínimo dos veces la longitud de varilla entre cada uno y otro electrodo de puesta a tierra.

E. La varilla se enterrará hasta que la parte superior esté a 100 mm por debajo del piso terminado o terreno final, salvaguardo que se exteriorice lo contrario en los planos de detalle.

F. Para la interconexión del conductor con las varillas de puesta a tierra será con soldaduras exotérmicas, excepto en pozos de registro y como se indique.

G. Se considerará los conectores tipo grapa y empernadas entre las varillas de puesta a tierra y los conductores, similar a los conectores Burndy.

H. Ajustar los tornillos y los pernos para los terminales y conectores de conexión a envite a tierra, de acuerdo con los valores de ajuste-torsión indicados por el fabricante.

I. Los preceptores de Envite a Tierra irán por el trayecto más corto y rectos que sean posibles, salvo que se indique lo contrario. Evitar acceso que produzca obstrucciones o la colocación de conductores donde puedan verse sujetos a impacto, daño o esfuerzos violentos.

J. Para conductores de puesta a tierra enterrados el ejecutor realizará el tendido del conductor y lo enterrará a por lo menos 600 mm bajo terreno, sin contar la losa en piso de concreto si hubiera. Este trabajo se realizará durante la excavación de los cimientos de los edificios y otras construcciones.

K. Para las conexiones con soldadura exotérmica se ejecutarán para las conexiones al acero estructural y para conexiones subterráneas entre cable - cable, excepto aquellas en los pozos de registros. Cumplir con las instrucciones escritas las superficies convexas, y que indiquen limpieza inadecuada.

L. Se utilizarán conectores para las conexiones, de modo que se minimice la acción galvánica o la electrólisis, se seleccionara conectores similares a los conectores Burndy, ferretería de conexión, conductores y métodos de conexión de modo que los metales en contacto directo sean galvánicamente compatibles.

M. Hacer conexiones con metales desnudos, limpios en los puntos de contacto.

N. Revestir y sellar las conexiones que tengan metales distintos con material inerte para impedir la agudeza futura de infiltración a las superficies de contacto.

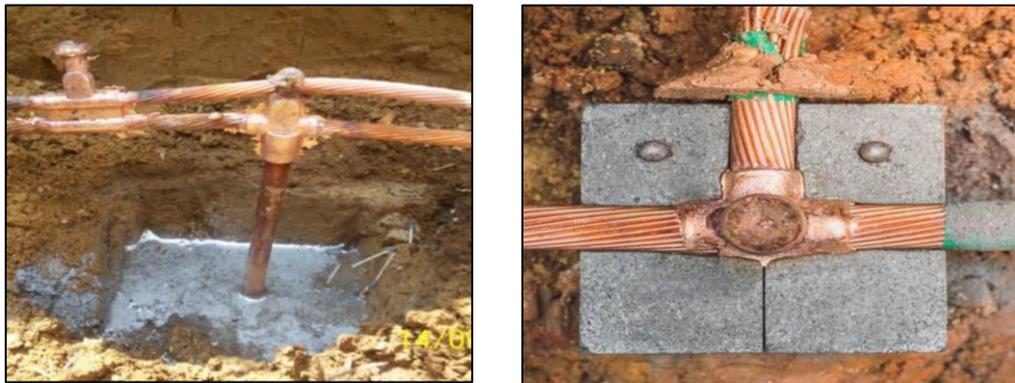


Figura 4. Conexiones con adherencia exotérmica de la Malla puesta a tierra

b) Conexionado

A. En tubería metálica, proporcionar conductores de envite a tierra de cobre aislados de 70 mm², desde el equipo principal, o barra de puesta a tierra, a las entradas metálicas principales. Donde se instale un accesorio dieléctrico, empaquetadura, en la tubería metálica, vincular un preceptor de puesta a tierra en el lado exterior. No instalar un puente de unión de puesta a tierra a través de accesorios dieléctricos.

B. Las terminaciones del preceptor de puesta a tierra de equipos será para cables 10 mm² a más. Los conductores de puesta a tierra

de 6 mm² e inferiores pueden llevar terminaciones con conectores ligeros tipo presión.

C. Las terminaciones en bandejas metálicas sin contacto, donde las canaletas metálicas culminen en recintos metálicos sin conexiones eléctricas y mecánicas al recinto, se deberá terminar cada conduit con un bushing de postura a tierra. Conectar los bushings de envite a tierra con un conductor desnudo a la conexión terminal en el recinto. Unir los conduits que no sean eléctricamente continuos en ambas entradas y salidas sin bushings y conductores de puesta a tierra desnudos, salvo que se indique lo contrario.

D. En los circuitos de alimentación de barra, se instalará preceptores de envite a tierra de los equipos separados de los despejes en la celda, tablero o panel de distribución al terminal de barra de puesta a tierra en operación.

E. Para los contornos de control e instrumentación se instalará separadamente los preceptores de los equipos en circuitos derivados de los tableros eléctricos.

F. Para los circuitos de tomacorrientes aislados de tierra se instalará separadamente un preceptor de envite a tierra de equipos aislados y esté conectado al terminal de envite a tierra del tomacorriente. Aislar el preceptor de envite a tierra de la canaleta y de los terminales de envite a tierra del panel de distribución. Finalizar en los terminales del conductor de envite a tierra del dispositivo con el sistema o servicio derivado apropiado, salvo que se indique lo contrario.

G. Para los circuitos aislados de tableros de equipos, alimentado por un circuito derivado o alimentador, aislar el tablero del equipo de la canaleta de alimentación con un accesorio no metálico para canaletas, listado para tal propósito. Instalar accesorios donde la canaleta ingrese a la caja, e instalar separadamente un conductor aislado de apuesta a tierra del dispositivo. Aislar el antes

mencionado de los terminales de puesta a tierra del panel y de la canaleta.

Finalizar en los terminales del preceptor de puesta a tierra, con el sistema o servicio derivado apropiado, salvo que se indique lo contrario.

H. Se instalará un preceptor de puesta a tierra del dispositivo en canaletas no metálicas, salvo que se designen para cables de datos o telefónicos.

I. Para los regímenes de comunicación, de caracteres y otros sistemas de comunicaciones instalados en el tablero de PLC, se instalarán un preceptor de apuesta a tierra aislado, de 35 mm² mínimo, dirigido hacia la pértiga de puesta a tierra principal de control y hacia cada lugar de servicio, gabinete de terminales, armario de cableado y ubicación de equipo central.

J. Para el aterramiento de las masas, el ejecutor tenderá el cable de cobre desnudo de 35 mm² mínimo sobre todas las bandejas de cables que servirán para aterrar las masas de los motores pequeños y los equipos de campo y se montarán en conduit. Para el aterramiento de las masas de los tableros y transformadores se emplearán cables de 70 mm² mínimo desde la armadura de puesta a tierra o como se indique en planos.

K. En el aterramiento de los tableros, variadores, transformadores y motores grandes se harán con un cable de 95 mm² mínimo y vendrá desde la armadura de puesta a tierra o como se indique en planos.

L. Para las bandejas de varios niveles, solo se tenderá el cable de cobre desnudo en la bandeja inferior; el resto de bandejas se conectarán con un tramo vertical de cable desnudo que se conectarán con conectores de tierra tipo Burndy sujetadas con pernos en cada una de las bandejas.

M. Los elementos como tapas no sometidos a tracción serán conectados al método de puesta a tierra mediante preceptores de corriente desnudos.

N. Para la unión a tierra de los descargadores de sobretensión, de acuerdo con la Normas VDE 0141 se aprovecharán preceptores de cobre de sección no inferior a: $24 + 0,4 \times V = \text{mm}^2$ (siendo V el valor de la tensión nominal en kV de los descargadores). Estos preceptores estarán aislados según lo detallado para neutro de transformadores.



Figura 5. Conexión y diseño de la armadura de puesta a tierra

c) Seguridad

A. El ejecutor deberá contar con un ingeniero de seguridad para estos trabajos, el cual deberá evaluar los riesgos, presentar su IPER y procedimientos para un trabajo seguro.

B. Se coordinará los trabajos con la supervisión de obra y con el área de seguridad de la Minera Yanacocha.

C. Los procedimientos de seguridad para labores en zonas con equipos energizados será de acuerdo a la norma NFPA 70E.

d) Control de calidad en campo

A. El servicio de pruebas por el ejecutor será proporcionado por una empresa independiente de pruebas, autorizada por la Minera Yanacocha para realizar este tipo de pruebas específicas de control de calidad en campo.

B. En caso la supervisión encontrará observaciones en la instalación se elaborará un Registro de No Conformidad el cual tendrá que ser resuelto por el ejecutor a su costo y conformidad por la Minera Yanacocha.

C. El ejecutor presentará el plan de puntos de inspección con los formatos a utilizar, se utilizará un telurómetro en cada ubicación donde se especifique un nivel de resistencia máxima de puesta a tierra, en el terminal que pone a tierra el recinto de la desconexión del servicio y en pozos de registro de tierra. Medir la resistencia de tierra por no menos de 2 días completos, después de la última traza de precipitación, y sin que el suelo se humedezca por cualquier otro medio distinto al drenaje natural o filtración y sin tratamiento químico u otro medio artificial para reducir la resistencia de tierra natural, luego se verificará el sistema integral.

D. El ejecutor preparara los registros de pruebas certificadas por la organización de pruebas, de la resistencia de tierra en cada lugar de prueba. Incluir observaciones climáticas y otros fenómenos que puedan afectar los resultados de las pruebas.

E. Los registros de pruebas serán firmado por el ejecutor y el supervisor.

F. El costo por el servicio de pruebas y de calidad deberá estar incluido en la partida correspondiente de pruebas.

e) Limpieza

A. Inspeccionar el técnico de puesta a tierra instalada, se debe retirar la suciedad y los desechos que hubiesen generado en el proceso.

4.5 Implementación del método de puesta a tierra tipo malla

Cálculo de la malla de tierra para la implementación en la Minera Yanacocha, con las siguientes consideraciones de suelo y otros:

Extensiones del patio: 40 x 50 m²

Reglamentario máxima de falla: 1000 A

Horizonte de Tensión (primario): 34.5 kV

Resistividad del suelo: 300 (Ω-m)

Resistividad de la superficie: 2000 (Ω-m)

Período máximo de falla: 1 seg.

A. Elección del preceptor

Sea $T_a = 30^\circ\text{C}$

$T_m = 250^\circ\text{C}$ (uniones pernadas)

$$AC = 1000 \left[\frac{33 * 1}{\text{Log} \left(\frac{250 - 30}{234 + 30} + 1 \right)} \right]^{1/2}$$

$$AC = 11213 \text{ CM}$$

1 cm = $5 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$, $11213 \text{ CM} = 5.606 \text{ mm}^2$, teniendo las consideraciones de diámetro del conductor que es = 2.6716 mm, que cumple con la norma, se eligió el AWG 2/0 que tiene un diámetro igual a 10.52 mm.

B. Plebiscito de la armadura

Se ensaya una disposición con cuadrícula de 7m

Por lo tanto:

$$A=49\text{m}$$

$$B=42\text{m}$$

$$n=7$$

$$m=8$$

$$D=7\text{m}$$

$$L=7*49+8*42=679$$

C. Asumiendo una varilla enterrada a 70 cm

$$h=0.7\text{m}$$

$$d= 0.01052$$

$$L = (5 \times 50) + (6 \times 40) = 490 \text{ m}$$

D. Determinación de los coeficientes

En este cálculo se aplica los datos de elección de la malla

$$K_m = \frac{1}{2x} \ln(7^2 / (16 * 0.7 * 0.01052)) + \frac{1}{\pi} \ln\left(\frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} * \frac{9}{10}\right)$$

$$K_m = 0.734$$

$$K_i = 0.65 + 0.172 * 7 = 1.854$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2.0.7} + \frac{1}{7 + 0.7} + \frac{1}{14} + \frac{1}{21} + \frac{1}{28} + \frac{1}{35} \right)$$

$$K_s = 0.327$$

E. Cálculo de las tensiones lícitas de marcha y empalme

$$E_p \frac{0.327 * 1.854 * 300 * 1000}{679} - 267.86 < 2165 \text{ voltios}$$

$$E_p \frac{0.734 * 1.854 * 300 * 1000}{679} - 601.25 < 665 \text{ voltios}$$

F. Valor de la resistencia encontrada aplicando el método de Laurent y Niemann

La disposición escogida cumple

$$R = 0.443 * 300 \left(\frac{1}{\sqrt{2058}} + \frac{1}{679} \right)$$

$$R = 3.126 \Omega$$

Método de Dwight

$$E = 2.191D = 2.191 * 7 = 15.337m$$

$$R_a = 300/2 \pi * 49 \left(\ln \left(4 * \frac{49}{15.337} \right) + \frac{15.337}{2 * 49} + \left(\frac{15.337}{16(49)^2} - 1 \right) \right)$$

$$R_a = 1.654 \Omega$$

$$R_c = 11.300 + (7-1) * (1.654) = 21.724 \Omega$$

$$R_{cn} = 21.724/7 = 3.103 \Omega$$

$$R_{su} = \frac{300}{2 \pi * 42} \left(\ln \left(\frac{2 * 42}{0.00526} \right) + \ln \left(\frac{42}{0.7} \right) + \frac{2 * 0.7 * 0.7^2}{42 * 42^2} - 2 \right)$$

$$= 13.42 \Omega$$

$$E = 2.430D$$

$$E = 2.430 * 7 = 17.010m$$

$$R_{ak} = \frac{300}{2 \pi * 42} \left(\ln \left(\frac{4 * 42}{17.010} \right) + \ln \left(\frac{17.010}{2 * 42} \right) + \frac{17.010^2}{16 * 42^2} - 1 \right)$$

$$= 1.685 \Omega$$

$$R_{am} = (8-1) * (1.685) + (7-1) * (1.654) = 21.719 \Omega$$

$$R_{cu} = 13.421 + 21.719 = 35.140 \Omega$$

$$R_{cm} = 35.140/8 = 4.392 \Omega$$

Finalmente, la resistencia total de la maya está dada por

$$R = \frac{3.103 * 4.392}{3.103 + 4.392} = 1.818 \Omega$$

$$1.818 \Omega < 3 \Omega$$

Con el valor encontrado asumimos que es de garantía porque nos permite cumplir con la normativa en cuanto a estar dentro de lo permisible, teniendo que su resistencia es menor al máximo aceptado.

V. DISCUSIÓN

- En la ejecución de la técnica de maya puesta a tierra en el patio se utilizó una dimensión entre 40 x 50 m², con una corriente máxima de 1000 A, un horizonte de tracción (primario): 34.5kV, con una resistividad del suelo de 300 (Ω -m), una resistividad del área de 2000(Ω -m) y un lapso de falla de 1 seg.

esto podemos compararlo con los criterios utilizados por Sayaga (2006), en su tesis intitulada “sistemática para el diseño de un método de puesta a tierra en espacios con subestaciones compactas para media tensión (5 – 36 kv)” donde al igual que la presente investigación se establece los requerimientos necesarios para el esbozo de puesta a tierra, determinando el cálculo de la corriente de falla, que es claramente proporcional a la deliberación de conductores, considerando para ello el estudio de la resistencia del terreno donde finalmente se ejecutara el proyecto.

- La resistencia total de la maya es $1.818 \Omega \leq 3 \Omega$, es de garantía puesto que cumplió con la normativa en cuanto a estar dentro de lo permisible, teniendo que su resistencia es menor al máximo aceptado, con esto se evitara tracciones peligrosas entre estructuras, con esto se evitara tracciones comprometedoras entre estructuras, equipos y el terreno durante fallas a tierra o en circunstancias normales de operación a nivel de cálculo, mitigando descargas eléctricas delicadas en las personas cuando esta se encuentra en funcionamiento, esto siendo comprobado mediante el aguante total de la maya puesta a tierra.

siendo esto coincidente con lo que menciona Manani (2013) en su tesis titulada “sistema de puesta a tierra y protección equipotencial para sistemas de cómputo” donde concluye que con una técnica de puesta a tierra se logra conservar una diferencia de voltaje baja en las distribuciones metálicas, teniendo la capacidad de resguardo al personal que interviniente y contribuye a un mejor funcionamiento de estos sistemas, evitando distintos tipos de fallas eléctricas y consideraciones riesgosas que pueden convertirse en situaciones de gravedad o pérdidas económicas.

VI. CONCLUSIONES

- Conocer las características del suelo es determinante para poder así determinar su comportamiento como conductor eléctrico, determinando mediante sus componentes como sales y humedad la radiactividad inicial.
- El boceto de una técnica de puesta a tierra tipo malla para la defensa eléctrica de la estación de bombeo de aguas ácidas-minera “Yanacocha” presenta un sobredimensionamiento que puede ser costeadado y justificado con la valoración de resguardar la vida del recurso humano.
- Se diseñó una técnica de puesta a tierra tipo malla de suficiencia eléctrica de la estación de bombeo de Aguas Ácidas-Minera Yanacocha, cumpliendo con las normas vigentes, con el fin de responder la defensa de las personas y menguar riesgos de permisibles o irrevocables.
- Se identificó las dimensiones de patio que quedaron entre 40 x 50 m², con una corriente reglamentaria de 1000 A, un nivel de rigidez (primario): 34.5kV, con una resistividad del suelo de 300 (Ω -m), de la superficie de 2000(Ω -m) y un tiempo de falla de 1 seg.
- Realizada la ejecución del presente proyecto fue necesario basarse en la normativa vigente, considerando para ello a la RETIE y la IEEE Std.80-2000 y además de la bibliografía pertinente para el diseño de la malla.
- La resistencia total de la maya es $1.818 \Omega < 3 \Omega$, cumpliendo la garantía normativa, en cuanto a estar dentro de lo permisible, teniendo que su resistencia es menor al máximo aceptado, con esto se evitara tracciones comprometedoras entre estructuras, equipos y el terreno durante fallas a tierra o en circunstancias normales de operación a nivel de cálculo, mitigando descargas eléctricas delicadas en las personas cuando esta se encuentra en funcionamiento, esto siendo comprobado mediante la resistencia total de la maya puesta a tierra.

VII. RECOMENDACIONES

- Las circunstancias ambientales consiguen perjudicar la apuesta a tierra con el tiempo, es por ello que debe monitorearse periódicamente para corroborar su momento y acreditar de que se tiene el valor de tenacidad de puesta a tierra ansiado, considerándose para ello las estaciones del año porque esto influencia en el valor que se obtiene de la resistencia puesta a tierra.
- Se debe analizar que los varillas estén haciendo contacto con tierra para cerciorarse se puede utilizar agua para humedecer la zona.
- Se debe utilizar la técnica de la caída de potencial (Wenner) comprobando la resistividad de cualquier tipo de suelo estratificado, debido a las características sencillas que presenta y un error no considerable.
- Es necesario compactar el área donde se ha dado la ejecución de la malla apuesta a tierra con el fin de que el conductor y el terreno hagan un mejor contacto.
- Se recomienda la utilización de un software que ejecute la metodología, para hacerlo de una forma más práctica, simplificando los cálculos y determinado un régimen de apuesta a tierra más exacto.

REFERENCIAS.

Castaño Marín, N. D. (2014). *Simulación de la malla de tierra en subestaciones de alta tensión aisladas en aire*. Monografía, Universidad de la Salle, Bogotá D.C.

Daza Guzmán, R., Gómez Cera, J., & Peña Acosta, Y. (2012). *Diseño del sistema de puesta a tierra de la Universidad de la Costa aplicando las reglamentaciones vigentes*. Tesis de pregrado, Universidad De La Costa, Barranquilla.

Gamez Gomez, J. (2000). *Conexión a tierra en sistemas electricos de distribución en corriente alterna y continua*. Tesis de posgrado, Universidad Autónoma De Nuevo León, San Nicolás de los Garza.

Gómez Aguilar, P. (2010). *Diseño y construcción de puestas a tierra para el colegio tecnico industrial Gualaceo, basado en las recomendaciones practicas para el aterrizamiento en sistemas electricos comerciales e industriales de la IEEE*. Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Manani Huayane , C. A. (2013). *Sistema de puesta a tierra y protección equipo potencial para sistemas de cómputo*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú.

Ordoñez Blancas, N. S. (2010). *Minimización del efecto de acoplamiento de medición de resistencia de puesta a tierra en una malla de una sub estación eléctrica en zonas urbanas*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Centro del Perú, Huancayo- Perú.

Pardo Romero, W. (2014). *Diseño de puestas a tierra y apantallamientos electrónicos para protección de equipos y personas de la universidad de la fuerzas armadas-Espe Extensión Latacunga*. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga*. Recuperado el 2020 de 06 de 30

Qqueshuayllo Cancha, & Wilbert Rene. (2005). *Diseño de una puesta a tierra de baja resistencia*. Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Marcos, Lima - Perú.

Sayaga T, I. R. (2006). *Metodología para el diseño de un sistema de puesta a tierra en recintos con subestaciones compactas para media tensión (-kV)*. Trabajo de Grado, Universidad De Carabobo, Barbula.

Sinchi Sinchi, F. M. (2017). *Diseño y determinación de sistemas de puesta a tierra mediante pruebas de campo con elementos comunes utilizados en la región, incluyendo GEM y Electrodo Químico*. Trabajo de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca , Cuenca-Ecuador.

Yanque Tomasevich, M. M. (2006). *Diseño de redes de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería , Lima - Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN TEÓRICA	DEFINICIÓN ESTRATÉGICA	DIMENSIONES	UNIDAD DE MEDIDA
Diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla.	Una puesta a tierra es la conexión conductora, por medio de la cual un circuito eléctrico o conjunto de elementos metálicos que proporcionan un contacto eléctrico conductivo se conectan a tierra o a algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de tierra.	Sistema de protección, que utilizaremos para minimizar los daños en equipos eléctricos y aparatos de medición en la estación de bombeo de aguas acidas-Minera Yanacocha.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistividad del terreno ➤ Resistencia de la malla ➤ Sección mínima del conductor 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ohmio Ω ✓ ohmio Ω ✓ mm^2
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN TEÓRICA	DEFINICIÓN ESTRATÉGICA	DIMENSIONES	UNIDAD DE MEDIDA
Protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas acidas-Minera Yanacocha.	La principal función es la detección y desconexión inmediata de un circuito defectuoso con la finalidad de evitar daños o la destrucción restante de la instalación eléctrica.	En el área de operaciones en la estación de bombeo de acidas-Minera Yanacocha., utilizaremos la protección eléctrica en equipos como: transformadores, los tableros eléctricos de los sistemas de bombeo y sistemas de iluminación.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Voltaje ✓ Intensidad de corriente ✓ Potencia eléctrica ✓ Resistencia tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> Voltio (V) Amperio (A) Watt (w) Ohmio (Ω) Segundos (s)

Fuente: elaboración propia.