

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Investigación

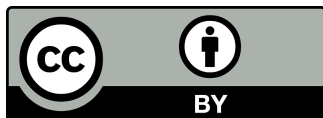
**Mejoramiento del sistema de protección eléctrica
en la empresa Electrocentro S. A. Unidad
Chupaca**

Luis Fernando Manhualaya Onsihuay

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Eléctrica

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

A dios quien nos da su bendición todos los días para tener un trabajo y el darnos la oportunidad de estudiar.

A todas las personas quienes me apoyan incondicional mente para alcanzar mis objetivos y metas trazadas en la vida.

DEDICATORIA

A mis dos hermosos hijos Yerik, Adrian y a mi familia por la fortaleza y el apoyo que me dan en cada etapa de mi vida.

INDICE

AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	6
INTRODUCCION	7
CAPÍTULO I:	8
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	8
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.1.1 Planteamiento del problema	8
1.1.2 Formulación del problema	9
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Objetivo general	9
1.2.2 Objetivos específicos	9
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	9
CAPÍTULO II:	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	10
2.1.1 A nivel Nacional	10
2.1.2 A nivel Internacional	10
2.2 BASES TEÓRICAS	11
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	13
2.3.1 Sistema de puesta a tierra	13
2.3.2 Naturaleza del terreno.	14
2.3.3 Estratigrafía.	14
2.3.4 Temperatura	15
2.3.5 Humedad	15
2.3.6 Salinidad	16
2.3.7 Variaciones estacionales	16
2.3.8 Importancia de despejar una falla	17
3.3.9 Tensiones de seguridad	18
CAPÍTULO III:	21
METODOLOGIA	21
3.1 METODOLOGIA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCION	21
CAPITULO IV	24

ANALISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION	24
4.2 IDENTIFICACION DE REQUERIMIENTOS	24
4.2 ANALISIS DE LA SOLUCION.....	25
4.3 DISEÑO	29
4.3.1 Etapa 1	29
4.3.2 Etapa 2	29
4.3.3 Etapa 3	29
4.3.4 Etapa 4	30
4.3.4 Etapa 5	30
CAPITULO V	31
CONSTRUCCION	31
5.1 CONSTRUCCION	31
5.2 PRUEVAS Y RESULTADO.....	35
5.3 DISCUSIONES DEL RESULTADO	36
CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	40

RESUMEN

Uno de los problemas localizados dentro de la empresa son las constantes descargas eléctricas que se presentan ya sea en contacto directo e indirecto, que se suscitan a consecuencia de las cargas estáticas acumuladas por el funcionamiento de los transformadores de distribución. A raíz de esto se vienen ocasionando los accidentes que se suscitan por contacto directo e indirecto dentro de ello podemos mencionar que existe accidentes fatales en un porcentaje de 10%, debemos mencionara también que es una zona ganadera y los animales están propensos a sufrir este tipo de accidentes mortales. Por tal motivo Se diseñó un sistema de protección eléctrica en subestaciones de distribución para evitar accidentes de origen eléctrico por contactos directos e indirectos. Brindar seguridad permanente a las personas y a su vez mantener operativas los transformadores de distribución. La resistividad del terreno, depende del suelo y área de los conductores; se realizan pruebas de medición mediante el telurómetro. Tiene una metodología experimental El sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, Limita la tensión de las ferreterías metálicas de la subestación de distribución a valores no peligrosas para las personas y animales, impide la acumulación de cargas electrostáticas o inducidas en los elementos metálicos que se encuentran dentro del área de la subestación.

Electrostáticas - estática – telurómetro - metodología

INTRODUCCION

ELECTROCENTRO S.A empresa peruana que presta servicio de energía eléctrica y a su vez realiza actividades propias del servicio público de electricidad, distribuimos y comercializamos energía eléctrica en el área de concesiones de 6 528km² atendiendo más de 778mil clientes; en este sentido nuestra distribución se canaliza en la recepción de la energía en la subestación que está compuesta en su totalidad de una estructura metálica en la cual se realiza la distribución , en cierta manera presenta un peligro para las personas y animales por las constantes descargas eléctricas que se presentan, corrientes parasitas y estáticas acumuladas en el transformador, Para ello se ha diseñado un nuevo sistema de protección eléctrica para evitar accidentes de origen eléctrico por contacto directo o indirecto.

En esta oportunidad se presentará un proyecto que está dividido en cinco capítulos: el primer capítulo se tratara de ubicar las falencias que se tiene como prestadora del servicio eléctrico, en tal sentido el problema que se viene presentado son constantes descargas eléctricas que estas son en contacto directo e indirecto, que se suscitan a consecuencia de las cargas estáticas, descargas atmosféricas acumuladas por el funcionamiento de los transformadores de distribución, el objetivo para solucionar el problema es diseñar un sistema de protección eléctrica,

En el segundo capítulo se abordara los antecedentes que nos sirvieron para tener una base de propuestas a nivel nacional y nivel internacional.

En el tercer capítulo, se realizara el proyecto experimental de sistema de protección eléctrica diferente a los sistemas comunes.

En el cuarto capítulo, consiste en identificación el análisis para diseñar una nueva de puesta a tierra con una resistencia dentro de la norma establecida, capítulo V es la construcción de una nueva puesta a tierra en subestaciones de distribución, pruebas y resultados, se dan a conocer las conclusiones de del diseño del sistema de puesta a tierra.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

ELECTROCENTRO S.A es una empresa peruana distribuidora de energía eléctrica.

Uno de los problemas localizados dentro de la empresa son las constantes descargas eléctricas que se presentan ya sea en contacto directo e indirecto, que se suscitan a consecuencia de las cargas estáticas acumuladas por el funcionamiento de los transformadores de distribución.

A raíz de esto se vienen ocasionando los accidentes que se suscitan por contacto directo e indirecto dentro de ello podemos mencionar que existe accidentes fatales en un porcentaje de 10%, debemos mencionara también que es una zona ganadera y los animales están propensos a sufrir este tipo de accidentes mortales.

Podemos mencionar que los usuarios presentan reclamo por los accidentes fatales ocasionados a sus animales y accidentes leves que se pueden ocasionar en las personas, estas son registradas mediante una boleta de atención que cuenta con un código de reclamo para su atención. R24180-A-2018, R24437-A-2018,

Esto trayendo consecuencias con mayor intensidad, por lo que me despierta el interés de ¿Cómo solucionar el problema de descargas eléctricas y que no puedan causar daños?, teniendo conocimiento que la zona donde la concesionaria viene otorgando el servicio eléctrico no es favorable para el tipo de sistema de protección común que posee.

Para poder realizar un sistema de protección eléctrico en un sistema de baja tensión debemos analizar las consecuencias de este, mencionaremos que uno de las causas más relevante e importante es la muerte, sea causada de manera directa o indirecta.

Dentro de los sistemas de protección que mencionare es la instalación de interruptores de potencia y los sistemas de pozos a tierra.

Estos a su vez necesitan una constante evaluación por el personal técnico para su correcto funcionamiento de los sistemas de protección.

1.1.2 Formulación del problema

¿Cómo mejorar el sistema de protección eléctricos en subestaciones de distribución de la empresa ELECTROCENTRO S.A –unidad Chupaca?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Mejora del sistema de protección eléctrica en subestaciones de distribución para evitar accidentes de origen eléctrico por contactos directos e indirectos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los valores de resistencia de sistemas de protección en el terreno y diseñar un sistema de pozo a tierra acorde al tipo de terreno, bajo criterios y requisitos basados principalmente en el Código Nacional de Electricidad.
- Ofrecer en todo momento estándares de calidad de los sistemas de protección por un tiempo prolongado y a su vez evitar que las instalaciones eléctricas no sean un peligro cuando existan descargas atmosféricas.

Determinando la falla del sistema de protección para su mantenimiento

Instalación de una nueva poza a tierra

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

- 1 Reconocer y comprobar los distintos tipos de medición de resistencia de terreno y los sistemas de protección como pozo a tierra y los interruptores diferenciales.
- 2 Diseñar un tablero eléctrico acorde a los estándares de calidad según las normas técnicas especificadas en el Código Nacional de Electricidad.
- 3 Diferenciar y disponer de distintos sistemas de protección eléctricos existentes destacando su funcionamiento y eficiencia de cada uno de ellos para su adecuada ubicación.
- 4 Comprender el comportamiento de la resistividad del terreno y sus repercusiones en un sistema de protección eléctrico.
- 5 Brindar seguridad permanente a las personas y a su vez tener las máquinas de esta empresa operativas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Durante la ejecución del trabajo se ha encontrado algunos antecedentes que nos sirvieron para guiarnos y tener una base de propuesta, a continuación, mencionaremos algunos de estos:

2.1.1 A nivel Nacional

“consistió en la ejecución de una puesta a tierra para la protección de las personas, máquinas y animales, esto debido a la evolución de la Electrónica y la electricidad ya que es más necesario que los componentes electrónicos en las tarjetas estén conectadas a tierra y así puedan descargar permanentemente corrientes residuales a una puesta a tierra de baja resistencia. Al finalizar el sistema de puesta a tierra, se pudo verificar que el terreno analizado quedo con una resistencia máxima de 5 ohmios, lo cual brindo mayor seguridad a las personas y las máquinas utilizadas en el lugar.” (QQUESHUAYLLO CANCHA, 2005)[1]

2.1.2 A nivel Internacional

“Abarcaba de la instalación de transformadores, sistema de respaldo de energía, centro de datos y el sistema de protección contra descargas eléctricas; todas ellas tenían cargas muy diferentes y el enfoque del diseño de la puesta a tierra debe ser muy distinto para cada una de las cargas. Con ello el autor llego a la conclusión de que es sumamente importante para quien está destinada la instalación de un sistema de puesta a tierra, ya que para el caso de quirófanos se debe diseñar y elaborar con suma precaución ya que está en juego la vida de las personas”. (PEREZ DIAZ, 2007)[2]

“Objetivo principal resguardar la seguridad de las personas, así como proteger a infraestructura, equipos y bienes en general. Es fundamental la

protección contra las fallas de aislamiento que originan tensiones por contacto indirecto. Para minimizar los efectos de dicho contacto indirecto, la instalación debe contar con un sistema de protección; el método más efectivo y de mayor seguridad es el sistema de puesta a tierra. Se cumplió con su objetivo, reduciendo así los accidentes producidos por descargas eléctricas, y protegiendo la vida de las personas, así como salvaguardando los equipos utilizados.” (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)[3]

“Presentar los requerimientos básicos y criterios de diseño de las instalaciones eléctricas de las nuevas infraestructuras. Para lograr el objetivo se tomaron principalmente las normas establecidas en el Código Eléctrico Nacional (CEN), así como los criterios solicitados por la Empresa. El diseño se basa principalmente en la estimación de la demanda, cálculo de iluminación, análisis de carga, selección de los alimentadores y circuitos ramales por capacidad térmica y caída de tensión, seleccionando posteriormente las debidas protecciones. De esta forma garantizaron una protección en el ámbito eléctrico para el buen funcionamiento de las máquinas que se encuentran en funcionamiento durante las 24 horas del día”. (FEO TORRES, 2009) [4]

2.2 BASES TEÓRICAS

A raíz de los cambios tecnológicos presentados hoy en día y tomando en cuenta los nuevos dispositivos de protección en el área de la electricidad, hemos decidido mejorar e implementar un sistema de seguridad frente a accidentes de origen eléctrico para velar por la seguridad de las personas así como para la protección de los transformadores, para ello se realizaron tanto el diseño de una puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de carcasa y tablero a tierra, para evitar que se dañen los equipos en caso de una corriente

transitoria peligrosa, o también por falta de aislamiento en uno de los conductores y al quedar en contacto con algunas estructuras o aparatos eléctricos y ser tocados por alguna persona pudiera ocasionarle lesiones o incluso la muerte.

Por estas razones, se recomienda que se realicen las instalaciones de puesta a tierra por que la corriente siempre busca el camino más fácil por donde poder pasar, y al llegar a tierra se disipa si se tiene una resistividad muy baja en el terreno donde se realizó la instalación.

Para realizar el diseño de la puesta a tierra se tienen en cuenta el tipo de suelo que se tenga y la resistividad del terreno, donde pueden influir varios factores, entre los más importantes se encuentran: Naturaleza del Terreno, Humedad, Temperatura, Salinidad, Estratigrafía, Compactación y las Variaciones estacionales.

Es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende de la resistividad del terreno y área de los conductores; para saber la resistividad del terreno se realizara pruebas de medición mediante el telurómetro.

Este instrumento es el encargado de medir la resistividad del terreno mediante varias pruebas con las varillas de 50cm, colocadas a diferentes distancias iguales en una línea recta. En nuestro caso se tiene un telurómetro marca MEGABRAS, lo cual es más efectivo para realizar mediciones del tipo Wenner.

Luego de realizar las mediciones del terreno y teniendo en cuenta el diseño de la puesta a tierra, se procede a realizar el pozo con las respectivas medidas, el más usado es el del tipo vertical donde se ejecuta 3m de profundidad por 1m de diámetro, también está el del tipo horizontal donde se ejecuta 3m de largo por 1m de profundidad.

Para realizar un sistema de puesta a tierra se necesitan electrodos de tierra,

los cuales existen de muchos tipos, algunos mejores que otros en ciertas características como el costo, entre otras. En nuestro caso se utilizara una varilla de cobre de 2.40 m de longitud con un diámetro de 5/8”.

Esta varilla se colocará en el centro del pozo a partir de los 30 cm de profundidad, puede ir acompañado de diferentes elementos que ayudará a la conducción de la descarga eléctrica, en el caso nuestro se utilizará cemento conductivo ya que posee en su composición ciertos aditivos que incrementan en gran proporción su conductividad eléctrica.

El cemento conductivo es eficaz para los diseños con varillas verticales. Para el caso típico de un pozo su aplicación va acompañado con un tubo el cual rodea a la varilla y es aplicada la dosis, mientras que los contornos externos del tubo, es decir el pozo se rellenara con tierra de cultivo tamizada y mezclada con sal y bentonita.

En el tablero estará instalada la barra de aterramiento donde se realizarán las conexiones provenientes de los equipos, así como de las estructuras metálicas que podrían estar energizadas provenientes de fallas de aislamiento.

También se contará con interruptores termo magnético para cada circuito independiente debido a que estos brindan protección contra sobre corrientes y cortocircuitos.

Nota: tomado de r.ruelas-gomez@ieee.org

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 Sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra (SPT) o “grounding” system es el conjunto de conductores, sin interruptores ni fusibles, por medio de los cuales se pone en contacto eléctrico los equipos presentes en una instalación y el sistema eléctrico con el suelo, los cuales ofrecen un camino de retorno de baja impedancia para las corrientes de fuga y de falla.

La puesta a tierra de los sistemas y conductores del circuito se hace con

el fin de limitar las tensiones debidas a descargas atmosféricas, fallas a tierra, sobretensiones transitorias de línea o contactos accidentales con líneas de alto voltaje, así como estabilizar la tensión durante condiciones normales de operación. El sistema de puesta a tierra de los equipos de una instalación es conectado a un conductor puesto a tierra con el fin de proveer un camino de baja impedancia para corrientes de falla a tierra, de modo tal que facilite la correcta operación de los dispositivos de protección contra sobre corriente, en casos de fallas a tierra. (PEREZ DIAZ, 2007 pág. 24)

2.3.2 Naturaleza del terreno.

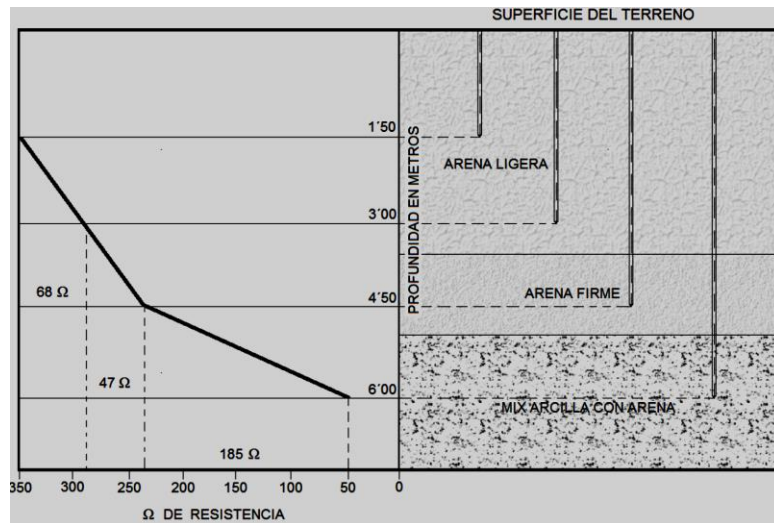
Al hablar de la naturaleza del terreno se deben tomar en cuenta una serie de factores que inciden directamente sobre el suelo en donde se vaya a implementar cualquier sistema de aterramiento o protección a tierra y debido a que los distintos tipos de terrenos pueden ser muy variados dependiendo de su naturaleza, estos se dividen en tres grandes grupos; terrenos buenos, regulares o malos conductores, es muy importante considerar; en primera instancia para la elaboración de un adecuado sistema de puesta a tierra, la naturaleza del terreno.

La tabla presentada a continuación muestra los valores de resistividad para diferentes terrenos según su naturaleza. (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

2.3.3 Estratigrafía.

El término hace referencia a que el suelo no presenta uniformidad, sino que tiene diferentes capas cuya composición no es igual, por lo cual su resistividad varía con cada una de ellas. Generalmente las capas más profundas tienen menor resistencia media por ser más ricas en humedad y contenido de minerales o se puede decir que están más cerca del nivel freático. La siguiente grafica deja clara la inseguridad de conocer la resistividad en profundidad si no se hace una medición previamente, lo que implica costo y tiempo. (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

Figura N 01



NOTA: Variación de la resistividad en función de la estratigrafía del terreno.

Si las instalaciones y el terreno lo permiten, se aconseja instalar electrodos en profundidad. Si el terreno es malo, si los electrodos a instalar son numerosos o si lo accidentado del terreno no lo permite, se colocarán en paralelo sabiendo el riesgo que esta decisión supone. (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

2.3.4 Temperatura

La resistividad de un terreno no cambia significativamente hasta alcanzar el punto de congelamiento; solo entonces la resistividad se incrementa vertiginosamente aparentando que no hay contacto con la tierra, la razón de ello es que no hay descomposición de sales.

También se debe recalcar, que hay lugares donde la resistividad del terreno puede bajar y subir a medida que incrementa la profundidad, o sea, un comportamiento de suelo estratificado. (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

2.3.5 Humedad.

“la humedad facilita la disociación de las sales en iones positivos y negativos; al haber más humedad hay mayor conductividad y por lo tanto menor resistividad. Se puede decir que hay una variación considerable de la resistividad del terreno medida en temporada lluviosa y la medida

en temporada de sequía. Hay algunas instalaciones que tiene prevista una tubería de agua, la que utilizan para mantener una concentración de humedad en todas las épocas y durante años; manteniendo valores bajos de resistividad”. (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

2.3.6 Salinidad.

“El agua por sí sola no conduce la electricidad, pero con sales se convierte en un excelente conductor, es por esto que mientras más sales contenga el terreno y este húmedo más bajo serán los valores de resistividad.” (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

2.3.7 Variaciones estacionales.

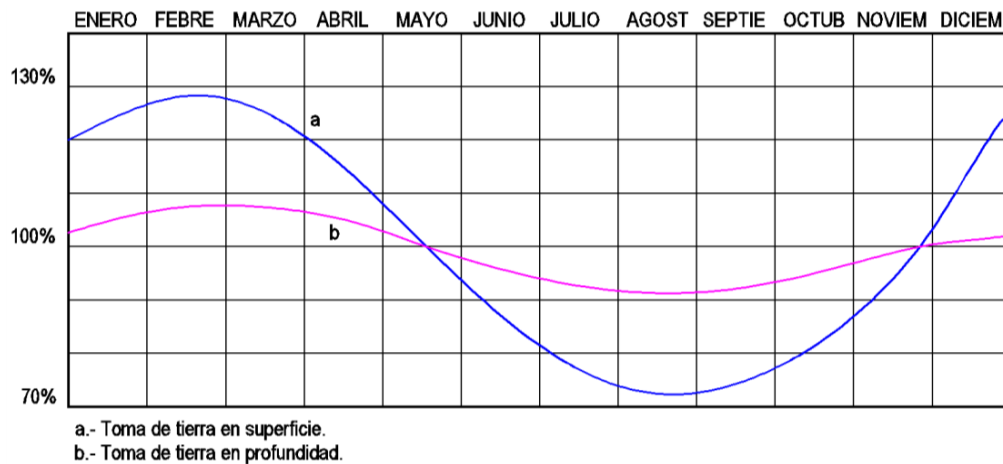
En temporada de invierno el nivel freático (nivel de agua subterránea) se aproxima a la superficie del terreno debido al incremento de las precipitaciones, presentando éste una resistividad menor que en la temporada de sequía, en el que el nivel freático se aleja en profundidad de la superficie.

Durante todo el año se presentan variaciones estacionales que influyen más sobre el electrodo cuanto más próximo a la superficie del terreno se encuentre este.

Para poder mantener el valor de resistividad dentro de un rango aceptable a lo largo de todo el año, es conveniente enterrar a mayor profundidad los electrodos en el terreno y proteger (en lo posible) el área de terreno de las inclemencias del tiempo.

En la figura se observa que en verano la resistividad es mayor que en invierno, y que los electrodos enterrados a más profundidad tienen una variación estacional inferior a la de los electrodos enterrados superficialmente.

Figura 2:



Variación de la resistividad en función de variaciones estacionales. A medida que enterremos más los electrodos o los coloquemos debajo de las cimentaciones del edificio, tendremos más garantías de mantener estable el valor de la resistividad. (DUCHE ZABALA, y otros, 2013)

2.3.8 Importancia de despejar una falla

Considerando la importancia de la duración de la falla tanto en términos de la Ecuación (1) e implícitamente como un factor de exposición accidental, el eliminar rápidamente las fallas a tierra, es favorable por las siguientes razones. • El riesgo de una descarga eléctrica, se reduce enormemente, a diferencia de situaciones en las cuales, las corrientes de falla persistan por varios minutos, que pueden llegar a ser horas. • Varias pruebas y experimentos, muestran que si la duración del paso de corriente a través del cuerpo es corto, el riesgo de lesiones severas y/o muerte se reduce representativamente. • El valor de corriente permitido, puede basarse por lo tanto en el tiempo de despeje o actuación de los equipos de protección principal o las protecciones de respaldo. Al elegir el tiempo de desenergización de los interruptores y disparo de las protecciones es más conservador en la fórmula (1) porque estos aseguran un margen superior de seguridad. Según la investigación realizada por Biegelmeier y Lee (B3) resultó un incentivo adicional, usar tiempos de interrupción menores a los 0,5 seg. Su investigación proporcionó la evidencia de un corazón humano, llega a

ser susceptible cada vez más a una fibrilación ventricular, cuando el tiempo de exposición a la corriente se aproxima al tiempo del ritmo del corazón, pero ese peligro es mucho menor si el tiempo de exposición a la corriente es en el rango de los 0,06 a los 0,3 segundos. (Guide for safety in AC substation grounding, 2000) [5]

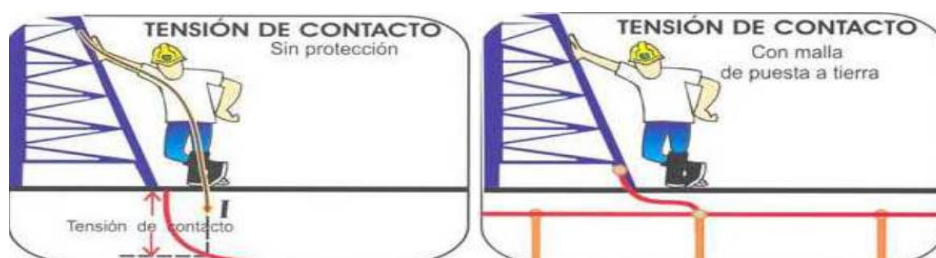
3.3.9 Tensiones de seguridad

En el estudio de factores de riesgo eléctrico existen tres condiciones que definen el diseño de una puesta a tierra, como son las tensiones de paso, de contacto y las transferidas. La figura 3 y 5 presenta las limitantes fundamentales para garantizar la seguridad de los seres humanos y animales. (CASAS OSPINAL, 2005) [6]

Figura 3 Tensión de paso sin protección Figura 4 Tensión de paso con SPT



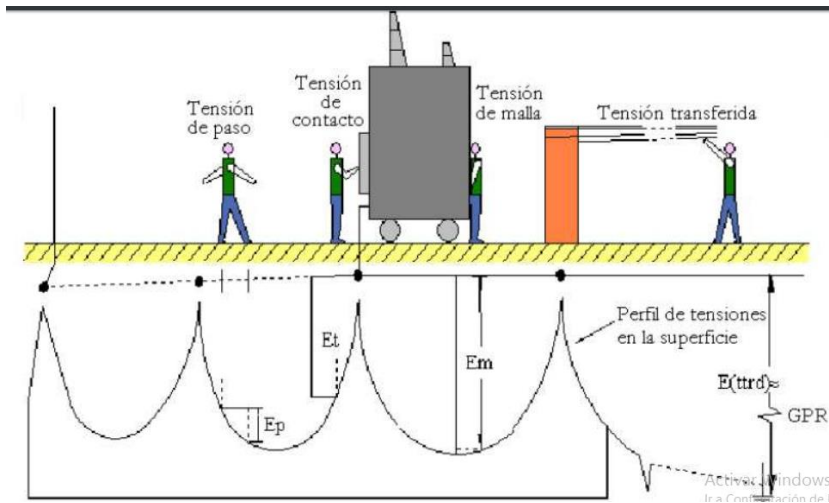
Figura 5 Tensión de contacto sin protección Figura 6 Tensión de contacto con SPT



Las figuras 4 y 6 presentan el comportamiento de una falla en una estructura metálica conectadas al sistema de puesta a tierra, la sobretensión no pasa por el cuerpo de la persona sino que se conduce

por la puesta a tierra, garantizando la seguridad de las personas.

Figura7 Tensiones en malla de puesta a tierra durante una falla [9]



En la figura 7, presenta las situaciones donde las personas pueden estar expuestas a tensiones peligrosas ante una falla en el sistema, en esta grafica la tensión más peligrosa es tocando un objeto metálico y estar en la mitad de la retícula.

La tensión transferida es común en las mallas eslabonadas del cerramiento de subestaciones eléctricas, la persona va estar expuesta al máximo Diseño de malla a tierra. GPR de la malla, la subestación eléctrica de la Universidad de la Costa tenemos esta situación, la tiene que corregir conectando la malla eslabonada al sistema de puesta a tierra unificado. Con el fin de garantizar la seguridad de las personas equipos y la correcta funcionalidad de las maquinas, toda instalación eléctrica tiene que disponer de un sistema de puesta a tierra, en cualquier punto del interior o exterior, de la malla, normalmente accesible a personas, éstas podrían quedar sometidas a tensiones peligrosas, dichas tensiones son:

- Tensión de paso (E_p): Diferencia de tensiones en la superficie aplicada sobre una persona que presenta una distancia entre pies de 1 metro sin

estar en contacto con ningún objeto conectado a la malla. [9] • Tensión de contacto (E_t): Diferencia de tensión entre la malla de tierra (G.P.R.) y el potencial en la superficie donde la persona está parada mientras simultáneamente tiene una mano en contacto con una estructura conectada a la malla. [9]

- Tensión de malla (E_m): Es la máxima tensión de contacto encontrada dentro de las cuadrículas de malla de tierra (normalmente en la mitad de una cuadrícula)

- Tensión transferida (E_{ttrd}): Es un caso especial de tensión de contacto donde la tensión es transferida fuera de la subestación. , por ejemplo las mallas eslabonadas dentro de la subestación.

La situación con mayor riesgo para una persona es tocando un objeto metálico y estar en la mitad de la retícula de la malla en el momento de una falla. Con el fin de brindar mayor seguridad lo ideal sería que la separación de las cuadrículas de la malla sea de un metro, pero por costos no se realiza porque en los diseños se tiene que tener presente lo técnico y económico. (CASAS OSPINAL, 2005)

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3.1 METODOLOGIA APLICADA PARA EL DESARROLLO DE LA SOLUCION

El sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen los equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa, o también por falta de aislamiento en uno de los conductores y al quedar en contacto con algunas estructuras o aparatos eléctricos y ser tocados por alguna persona pudiera ocasionarle lesiones o incluso la muerte.

Por estas razones, se recomienda que se realicen las instalaciones de puesta a tierra por que la corriente siempre busca el camino más fácil por donde poder pasar, y al llegar a tierra se disipa si se tiene una resistividad muy baja en el terreno donde se realizó la instalación.

Para realizar el diseño de la puesta a tierra se tienen en cuenta el tipo de suelo que se tenga y la resistividad del terreno, donde pueden influir varios factores, entre los más importantes se encuentran: Naturaleza del Terreno, Humedad,

Temperatura, Salinidad, Estratigrafía, Compactación y las Variaciones estacionales.

La resistividad del terreno, es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende del suelo y área de los conductores; para saber la resistividad del terreno se realizara pruebas de medición mediante el telurómetro.

Este instrumento es el encargado de medir la resistividad del terreno mediante varias pruebas con las varillas de 20 a 50cm de largo, colocadas a diferentes distancias iguales en una línea recta. En nuestro caso se tiene un telurómetro marca MEGABRAS MTD-20KWe digital, lo cual es más efectivo para realizar mediciones del tipo Wenner.

Luego de realizar las mediciones del terreno y teniendo en cuenta el diseño de la puesta a tierra, se procede a realizar el pozo con las respectivas medidas, el más usado es el del tipo vertical donde se ejecuta 3m de profundidad por 1m de diámetro, también está el del tipo horizontal donde se ejecuta 3m de largo por 1m de profundidad.

Para realizar un sistema de puesta a tierra se necesitan electrodos de tierra, los cuales existen de muchos tipos, algunos mejores que otros en ciertas características como el costo, entre otras. En nuestro caso se utilizará una varilla de cobre de 2.40 m de longitud con un diámetro de 5/8".

Esta varilla se colocará en el centro del pozo a partir de los 30 cm de profundidad, puede ir acompañado de diferentes elementos que ayudará a la conducción de la descarga eléctrica, en el caso nuestro se utilizará cemento conductivo ya que posee en su composición ciertos aditivos que incrementan en gran proporción su conductividad eléctrica.

El cemento conductivo es eficaz para los diseños con varillas verticales. Para el caso típico de un pozo su aplicación va acompañado con un tubo el cual rodea a la varilla y es aplicada la dosis, mientras que los contornos externos

del tubo, es decir el pozo se rellenara con tierra de cultivo tamizada y mezclada con sal y bentonita.

Se repetirá los pasos hasta llegar a dejar solo 20 cm. de varilla descubierta que servirá para colocar los conectores y los cables de la línea a tierra que irán hacia el tablero general.

En el tablero estará instalada la barra de aterramiento donde se realizarán las conexiones provenientes de los equipos, así como de las estructuras metálicas que podrían estar energizadas provenientes de fallas de aislamiento.

También se contará con un interruptor diferencial para mayor protección de las personas, lo cual tendrá la función de cortar inmediatamente la energía cuando este detecte una fuga de corriente; del mismo modo contará con interruptores termomagnéticos para cada circuito independiente debido a que estos brindan protección contra sobre corrientes y cortocircuitos.

CAPITULO IV
ANALISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCION

4.2 IDENTIFICACION DE REQUERIMIENTOS

A raíz de los cambios tecnológicos presentados hoy en día y tomando en cuenta los nuevos dispositivos de protección en el área de la electricidad, hemos decidido mejorar e implementar un sistema de seguridad frente a accidentes de origen eléctrico para velar por la seguridad de las personas, así como para la protección de las máquinas, para ello será eficaz realizar primero el análisis del terreno o suelo, diseño de una puesta a tierra como del tablero eléctrico en la empresa Electrocentro unidad Chupaca.

Tabla N° 01

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
A raíz de los cambios tecnológicos presentados hoy en día y tomando en cuenta los nuevos dispositivos de protección en el área de la electricidad, hemos decidido mejorar e implementar un sistema de seguridad frente a accidentes de origen eléctrico para velar por la seguridad de las personas, así como para la protección de las máquinas.	En todas las empresas industriales se cuenta con máquinas antiguas y también máquinas de tecnología moderna, lo cual conlleva a también implementar sistemas de protección para con las personas y máquinas para de esa manera evitar riesgos y posibles accidentes.	Personal	Seguridad
			Bienestar
			Comodidad
			Organización
			Autonomía
		Empresarial - industrial	Innovación
			Seguridad
			Control
			Apoyo
			Comodidad
			Garantía

Los materiales que se van a utilizar en el mejoramiento del sistema de protección eléctrica son los siguientes

- 01 Caja de registro con tapa (40x40cm) de concreto.
- 01 Electrodo principal (varilla de cobre puro de 5/8" diámetro x 2.40 m)
- 07 m de conductor de tierra N° 6 AWG, color amarillo-verde o amarillo.
- 01 Conector tipo AB de 5/8".
- 02 Bolsas de cemento conductor de 50kg c/u.
- 03 Sacos de bentonita sódica de 30kg c/u.
- 02 Bolsas de sal industrial 50kg c/u.
- 03 m³ de tierra de cultivo.
- Tubo 4" de diámetro (1 metro)
- Compactador o pisón de 40kg (para compactar la tierra dentro del pozo)
- Escalera de 9m.
- 01 tablero eléctrico de 10 polos.
- Barra de cobre para aterramiento.
- 04 Interruptores termomagnéticos bipolares (16A, 20A, 25A y 32A).
- 25 m de conductor cu 25mm 7 hilos.

4.2 ANALISIS DE LA SOLUCION

$$\rho_1 = 2919,9 \Omega\text{m}$$

➤ Segunda medición:

Datos:

$$a = 2 \text{ m}$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$R = 185 \Omega$$

$$\rho_2 = \frac{4\pi \cdot 2.185}{1 + \frac{2.2}{\sqrt{2^2 + 4 \cdot 0.20^2}} - \frac{2}{\sqrt{2^2 + 0.20^2}}}$$

$$\rho_2 = 2364,8 \Omega\text{m}$$

➤ Resistividad promedio del terreno:

$$\rho_{TOTAL} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$\rho_{TOTAL} = \frac{2919,9 \Omega\text{m} + 2364,8 \Omega\text{m}}{2}$$

$$\rho_{TOTAL} = \frac{5284,7 \Omega\text{m}}{2}$$

$$\rho_{TOTAL} = 2642,35 \Omega\text{m}$$

➤ **Cálculo de la resistencia de un sistema de puesta a tierra:**

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi\pi\chi L} \chi L n \left(\frac{4\chi L}{d} \right)$$

Donde, la varilla usada en nuestro caso presenta las siguientes dimensiones:

L = 2,40 m, longitud de la varilla

d = 0,0159 m, diámetro de la varilla (5/8")

ρ = resistividad del terreno, en ohm – m

Reemplazando se obtiene:

$$R_1 = \rho (0.4246) \text{ Ohm}$$

En función a nuestra resistencia medida con el telurómetro, se obtiene la resistividad, que debe tener un valor máximo de 58.88 Ohm.m para obtener así una resistencia inferior a los 25 Ohm.

$$\rho = \frac{R_1}{(0.4246)} \text{ Ohm.m}$$

$$\rho = \frac{2.85}{(0.4246)} \text{ Ohm.m}$$

$$\rho = 6.72 \text{ Ohm}$$

➤ **Cálculo de la tensión de paso:**

- Para tiempos de 0.5 seg

$$V_p = [1000 + (6x\rho_s)] \frac{k}{\sqrt{t}}$$

Donde:

K : Constante 0,116 para una persona de 70 Kg

t : Duración de la falla en segundo. (0.5 seg)

ρ_s : Resistividad superficial del terreno. (6.72 Ω m)

$$V_p = [1000 + (6x6.72)] \frac{0.116}{\sqrt{0.5}}$$

$$V_p = 170 \text{ v}$$

- Para tiempos de 1seg

$$V_p = [1000 + (6x\rho_s)] \frac{k}{\sqrt{t}}$$

Donde:

K : Constante 0,116 para una persona de 70 Kg

t : Duración de la falla en segundo. (1 seg)

ρ_s : Resistividad superficial del terreno. (6.72 Ω m)

$$V_p = [1000 + (6 \times 6.72)] \frac{0.116}{\sqrt{1}}$$

$$V_p = 120.6 \text{ v}$$

Cálculo de la tensión de toque:

- Para tiempos inferiores de 0.5 seg

$$V_T = [1000 + (1.25 \times \rho_s)] \frac{k}{\sqrt{t}}$$

Donde:

K : Constante 0,116 para una persona de 70 Kg

t : Duración de la falla en segundo. (0.5 seg)

ρ_s : Resistividad superficial del terreno. (6.72 Ωm)

$$V_T = [1000 + (1.25 \times \rho_s)] \frac{0.116}{\sqrt{0.5}}$$

$$V_T = 165.4 \text{ v}$$

- Para tiempos de 1 seg

$$V_T = [1000 + (1.25 \times \rho_s)] \frac{k}{\sqrt{t}}$$

Donde:

K : Constante 0,116 para una persona de 70 Kg

t : Duración de la falla en segundo. (1 seg)

ρ_s : Resistividad superficial del terreno. (6.72 Ωm)

$$V_T = [1000 + (1.25 \times \rho_s)] \frac{0.116}{\sqrt{1}}$$

$$V_T = 116.9 \text{ v}$$

4.3 DISEÑO

El proyecto consiste diseño de sistema de protección eléctrica para ello se detallan las actividades más resaltantes para una buena instalación de puesta a tierra

4.3.1 Etapa 1

Consiste en la ubicación de la subestación de distribución en la empresa Electrocentro unidad de Chupaca con un sistema de protección mayor a la norma establecida

- Identificación de los puntos de las puestas a tierra.
- Identificar la zona de la subestación de distribución.
- Obtener otros datos del sistema, gabinete.
- Identificar el tipo de conexión del transformador.
- Identificar la diferente tensión en redes M.T y redes B.T.
- Registros fotográficos.

4.3.2 Etapa 2

Cosiste en la identificación de los puntos más críticos zona de instalación del sistema de protección puesta a tierra y sus elementos.

- Identificación el tipo de suelo.
- Realizar mediciones con los equipos.
- Calcular diámetro del conductor.
- Calcular los valores tolerables de tensión de paso y contacto.

4.3.3 Etapa 3

Consiste en la evaluación del diseño será conforme seguro y cumple con los criterios establecidos y normalizados:

- Análisis de dato de campo.
- Plantear los criterios básicos del sistema de protección puesta a tierra.
- Calcular la resistencia de la puesta a tierra
- Calcular la corriente que circula.
- Evaluar los valores de la tensión paso y contacto.

4.3.4 Etapa 4

Se ejecuta el diseño de los planos con las medidas y especificaciones técnicas a ejecutar:

- Establecer los materiales de acuerdo al diseño.
- Identificar las partes metálicas para su instalación.
- Establecer el punto de instalación de la puesta a tierra de acuerdo a las medidas.

4.3.4 Etapa 5

Se describen las descripciones si hubiera observaciones al momento de la ejecución o instalación puesta a tierra para subestaciones de distribución

CAPITULO V

CONSTRUCCION

5.1 CONSTRUCCION

- Se realiza el recorrido de las todas las subestaciones que existen acargo de Electrocentró unidad Chupaca después de observar se identifica la subestación donde se realizara la medición para la instalación del sistema de protección puesta a tierra, se tomaron en cuenta las subestación que se ocasionaron daños a personas y Animales.
- Realizar el estudio del terreno para elegir la ubicación donde se realizará la puesta a tierra las distancias y elegir si será vertical u horizontal.
- Realizar la medición de la resistencia del terreno con ayuda del telurómetro. Marca MEGABRAS MTD – 20 KW2 digital medición tipo Wener.

Figura 08

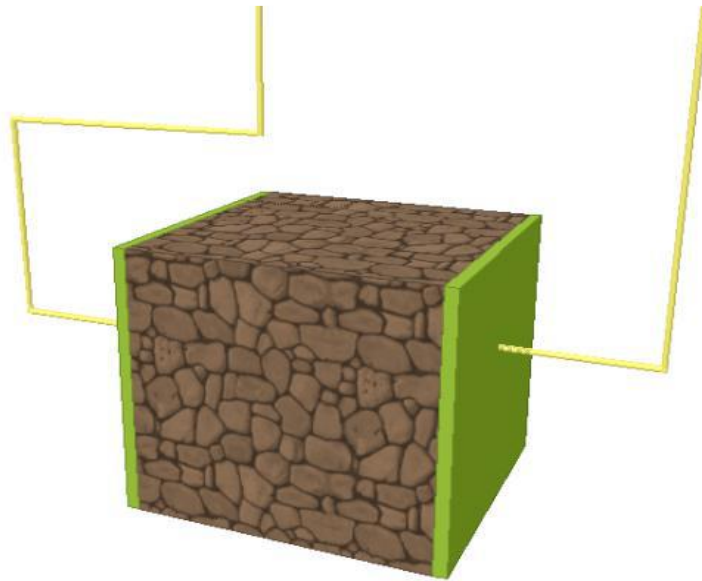
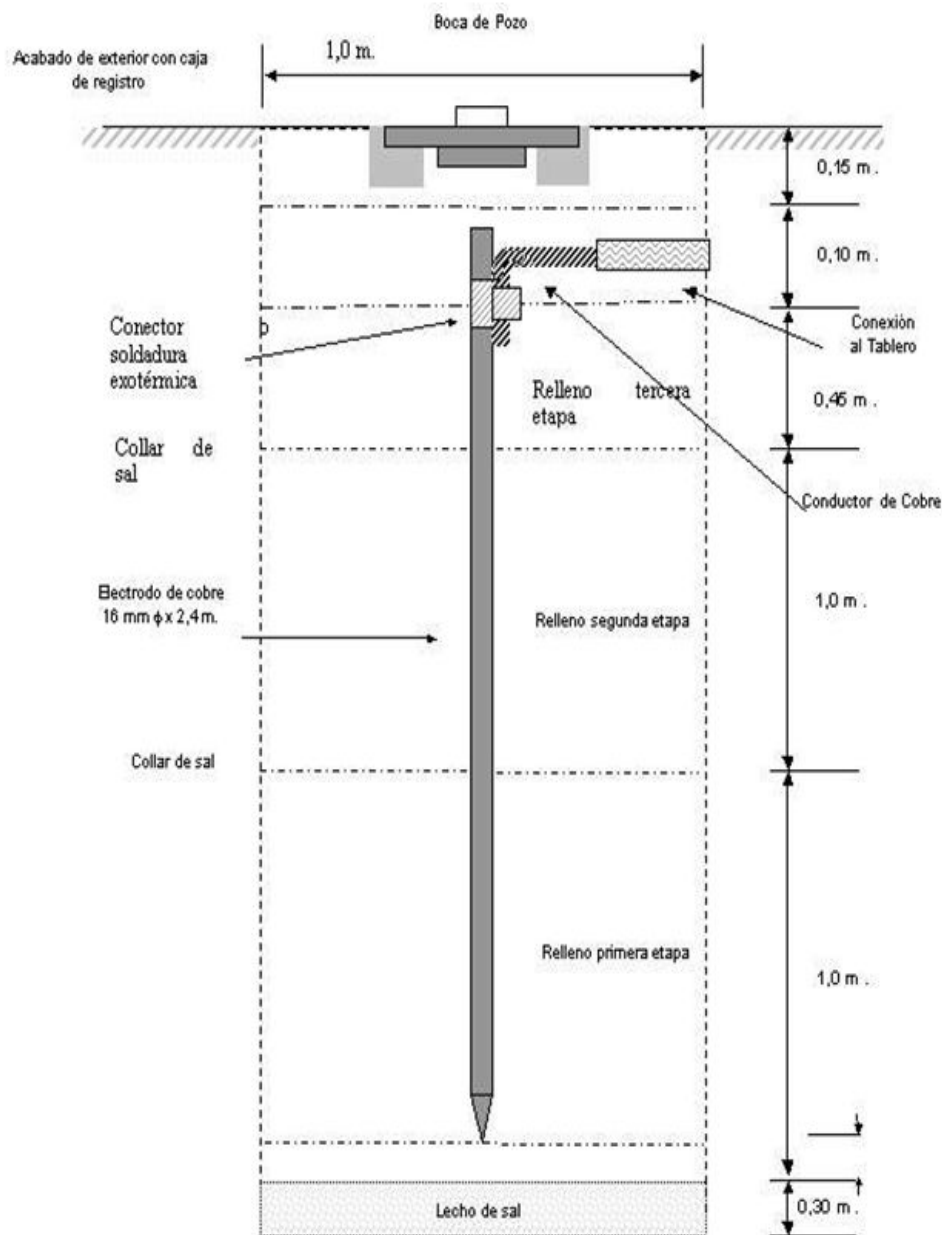


Tabla N° 02

MEDICION 1	1m	0.20m	436 Ω
MEDICION 2	2m	0.20m	185 Ω

ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA.

Figura 09



- Se procederá a excavar el pozo de 1m de diámetro con una profundidad de 3m; desechando todo material de alta resistencia como, piedras, hormigón, cascajo, etc.
- Así mismo se disolverá 15kg de sal en 90L de agua, luego se tendrá que echar al pozo y esperar a que la absorba (esto puede demorar dependiendo del tipo de suelo que se tenga).

- Se deberá echar 10 kg de sal industrial a todo el contorno del pozo.
- Se mezclara la tierra de cultivo con la bentonita sódica para el relleno del pozo (3 bolsas de 30 kg c/u para 3 m³).
- Llenar los primeros 30cm con la mezcla de tierra de cultivo y bentonita sódica, luego compacte con un compactador.
- Colocar la barra de cobre de 5/8" de diámetro y de 2.40m de longitud en el centro del pozo.
- Mezclar el cemento conductor con agua, hasta formar una pasta homogénea y se colocará el tubo de PVC de 4" alrededor de la varilla para ser llenado con el cemento conductor.
- Una vez colocado el cemento conductor en el tubo de 4" de PVC se va relleno los costados del pozo con la mezcla de la tierra de cultivo con la bentonita sódica hasta relleno 85cm, luego de eso se realizará la primera capa de sal industrial, la segunda capa se encontrará a 1.70cm y finalmente la tercera capa se encontrará a 2.60cm, cada capa debe relleno con 25kg de sal industrial.
- Luego de haber llenado con tierra los costados, se va deslizando hacia arriba el tubo de PVC de 4".
- Se repite este proceso así sucesivamente hasta llegar a los 2.70 m, quedando 30 cm para la caja de registro.
- Una vez colocado la caja de registro, se relleno la base con cemento conductor de tal forma que no tenga contacto con la tierra.
- Realizar la conexión con el conductor de tierra N° 6 AWG mediante el tubo de ¾ de PVC pesado, que ira desde la varilla de cobre hacia el tablero general unidos mediante el conector tipo AB de 5/8".

- Se realizar la nueva medición de la resistencia del terreno, verificando así que se encuentre por debajo de los 25 ohm.
- Para realizar el diseño del tablero eléctrico se tomará en cuenta las cargas que se tengan en la empresa y del mismo modo se dimensionaran los conductores que se usaran en la instalación.
- Una vez elegido todos los componentes adecuados se pasa a ubicar en el tablero eléctrico.
- Extraer todos los accesorios de la empresa que se encuentran en mal estado y remplazarlos por otros de mejor calidad.
- Realizar el cableado respectivo de la empresa teniendo en cuenta las normas de seguridad.

5. 2 PRUEVAS Y RESULTADO

Se realizaron diferentes pruebas evaluando dentro de los 15 días calendarios después de la instalación de puesta a tierra de la subestación de distribución E 408190 instalado en la localidad de Ahuac. Y esta es la tabla que a continuación mostraremos.

Tabla N° 03

MEDICION	DISTANCIA	RESISTENCIA
1° dia	15m	2.6Ω
	20m	2.2Ω
	25m	2Ω
2° dia	15m	2.2Ω
	20m	2Ω
	25m	2Ω
3 dia	15m	2.3Ω
	20m	2Ω
	25m	1.8Ω

Se realizaron diferentes pruebas evaluando dentro de los 15 días calendarios después de la instalación de puesta a tierra de la subestación de distribución E 408527 instalado en la provincia de CHUPACA. Y esta es la tabla que a continuación mostraremos.

Tabla N° 04

MEDICION	DISTANCIA	RESISTENCIA
1° dia	15m	9Ω
	20m	7Ω
	25m	6.2Ω
2° dia	15m	8.8Ω
	20m	7.6Ω
	25m	6Ω
3 dia	15m	8.4Ω
	20m	6.4Ω
	25m	5.8Ω

Se realizaron diferentes pruebas evaluando dentro de los 15 días calendarios después de la instalación de puesta a tierra de la subestación de distribución E 408036 instalado en la localidad de Pilcomayo. Y esta es la tabla que a continuación mostraremos.

Tabla N° 05

MEDICION	DISTANCIA	RESISTENCIA
1° dia	15m	8Ω
	20m	7.2Ω
	25m	6Ω
2° dia	15m	8.2Ω
	20m	7Ω
	25m	5.6Ω
3 dia	15m	7.8Ω
	20m	7.2Ω
	25m	5.8Ω

5.3 DISCUCIONES DEL RESULTADO

- En las pruebas realizadas del proyecto se obtuvo una resistencia de puesta a tierra menor a 3 ohmios donde no estoy de acuerdo con el autor; Qqueshuayllo Cancha, Wilverto rene quien al realizar el estudio y la instalación de puesta a tierra obtuvo como resultado 5 ohmios. Obtener una menor resistividad nos brinda mayor seguridad a las personas y a los transformadores.

- En una instalación de sistema de protección se debe elaborar con suma precaución ya que se pone en peligro la integridad de personas lo cual el autor Perez Diaz diego armando también contribuye principal mente en prácticas recomendadas por las normas del código nacional.
- El objetivo principal del proyecto, De Duche Zabala Emerson Y Miñan Manrique, Wille Ivan es reducir los accidentes producidos por descarga eléctrica, proteger la vida de las personas animales y equipos.
- Todo proyecto se debe realizar según las normas establecidas y se deben ejecutan según el código nacional de electricidad no solo se debe dejar en diseño lo cual realizo el autor FEO TORRES, simón José Antonio

CONCLUSIONES

- Para realizar una buena instalación de una poza a tierra primero se debe evaluar el terreno realizando mediciones con el teluro metro conocer los valores de resistividad.
- El nuevo sistema de puesta a tierra sirve para proteger los materiales, equipo eléctricos y electrónicos, el objetivo principal es de guardar la integridad física de las personas y la vida de los animales.
- La nueva forma de instalación de puesta a tierra tiene una resistencia menor a 2Ω es adecuado para mejorar su sistema de protección de las subestaciones de distribución de Electrocentro S.A.
- Limita la tensión de las ferreterías metálicas de la subestación de distribución a valores no peligrosas para las personas y animales, impide la acumulación de cargas electrostáticas o inducidas en los elementos metálicos que se encuentran dentro del área de la subestación.
- Sistema de protección contra incendios al limitar el tiempo y delimitar las corrientes de fuga.
- Durante el proceso sistema de protección se tomaron medidas de seguridad realizando identificando el peligro evaluando y controlando el riesgo. Teniendo en cuenta el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Guide for safety in AC substation grounding. **2000.** s.l. : IEEE (institute of electrical and electronics engineers), 2000, Vol. std80.

CASAS OSPINAL, fabio. 2005. "*tierras soporte de la seguridad electrica*". bogota : icontec, 2005.

DUCHE ZABALA, emerson y Niñan MANRIQUE, willy ivan. 2013. "*diseño de sistema puesta a tierra para sistema de telecomunicaciones de movistar*". colombia : s.n., 2013.

FEO TORRES, simon jose antonio. 2009. "*proyecto de instalaciones electricas en la planta shell venezuela productos*". venezuela : shell venezuela producto s.a, 2009.

PEREZ DIAZ, diego armando. 2007. "*diseño de sistemas puesta a tierra del centro medico docente la trinidad*". venezuela : s.n., 2007.

QQESHUAYLLO CANCHA, wilberto rene. 2005. "*diseño y ejecucion de una puesta a tierra de baja resistencia*". lima : facultad de ciencias fisicas de la universidad nacional mayor de san marcos, 2005.

ANEXOS

- Exposición de tesis

<https://drive.google.com/open?id=1A9o0kN-hq3i-iDKM7AOSFOXmxuRB7L9t>