



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Diseño del sistema de puesta a tierra en los varaderos del SIMA-Iquitos para complementar la protección eléctrica de pararrayos tradicionales.

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

**AUTOR:**

Lopez Vilchez, José Luis (ORCID: 0000-0001-7389-4357)

**ASESOR:**

Mg. Teófilo Martin, Sifuentes Inostroza (ORCID: 0000-0001-8621-236X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

**TRUJILLO — PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA.**

Mi tesis va dedicada en primer lugar a Dios por darme salud, bienestar y darme una maravillosa familia.

Con todo mi amor y agradecimiento a mi madre por darme la vida, estar conmigo en todo momento y ser la pieza fundamental para lograr mis objetivos, del mismo modo a mis hermanos Andrés y Lucerito por estar siempre para mí.

Así mismo quiero agradecer a mi esposa por ser mi compañera, y el soporte para concluir con mi trabajo de investigación y a mi hijo por ser mi fuente de motivación para seguir con mis metas. Agradecer también a todos las personas que directa e indirectamente contribuyeron para llegar al lugar donde me encuentro.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Cesar Vallejo, por permitirme desarrollar mi tesis mediante el curso de titulación, a mis profesores por sus conocimientos y enseñanzas que permitieron formarme como profesional.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, por brindarme su conocimiento y las herramientas necesarias para desarrollar mi investigación. Asimismo, quiero agradecer a la empresa de Servicios Industriales de la Marina (SIMA IQUITOS) por brindarme las facilidades de desarrollar y aplicar mi proyecto, para así poder obtener mi título profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
I.INTRODUCCIÓN .....	10
II.MARCO TEÓRICO.....	13
III.METODOLOGÍA.....	25
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: .....	25
3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN:.....	25
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	25
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:.....	27
3.5 PROCEDIMIENTOS:.....	27
3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:.....	27
3.7 ASPECTOS ÉTICOS: .....	27
IV.RESULTADOS.....	28
4.1 REALIZAR EL ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE LA PROTECCIÓN QUE ALCANZA LOS PARARRAYOS TRADICIONALES. ....	28
A TIERRA. ....	44
4.6 COSTO Y PRESUPUESTO DE INVERSIÓN: .....	45
V.DISCUSIÓN .....	48
VI.CONCLUSIONES .....	50
VII.RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS:.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 : RESISTIVIDAD DEL TERRENO CON RESPECTO A LA RESISTENCIA Y ESPACIAMIENTO.....	33
TABLA 2 :COMPARAR RESULTADOS.....	43
TABLA 3 : PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	45
TABLA 4 : PRESUPUESTO DEL PARARRAYO TIPO FRANKLIN.....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

FIGURA 1: ARREGLO PARA LA MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD POR EL MÉTODO DE WENNER.....	18
FIGURA 2: VARILLA DE COBRE .....	19
FIGURA 3: CABLE DE COBRE. ....	20
FIGURA : CONECTOR ANDERSON .....	20
FIGURA 5:THOR GEL .....	21
FIGURA 6: CEMENTO THOR CEM.....	21
FIGURA 7: BENTONITA SÓDICA.....	22
FIGURA 8: TELURÓMETRO DIGITAL MTD-20KWE .....	22
FIGURA 9:VOLUMEN DE PROTECCIÓN FRANKLIN.....	23
FIGURA 10: PLANO SIMA IQUITOS .....	26
FIGURA 11: PLANO DE PROTECCIÓN DE PARARRAYOS .....	27
FIGURA 12: RADIO DE PROTECCIÓN DE LOS PARARRAYOS Y ÁREA NO PROTEGIDA.....	29
FIGURA 13: TABLA DE ÁNGULO PARA CALCULAR EL NIVEL DE PROTECCIÓN DE PARARRAYOS.....	31
FIGURA 14: RESISTIVIDAD CON 2 METROS DE DISTANCIAS ENTRE ELECTRODOS.....	31
FIGURA 15: RESISTIVIDAD CON 8 METROS DE DISTANCIAS ENTRE ELECTRODOS.....	32
FIGURA 16: GRAFICO DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO CON RESPECTO A LA DISTANCIA DE ELECTRODOS.....	34
FIGURA 17: GRÁFICA DE SUNDE - RESISTIVIDAD VS EL ESPACIAMIENTO RELACIONADO CON LA PROFUNDIDAD DE LA SEGUNDA CAPA.....	35
FIGURA 18:CURVA DE LA RESISTIVIDAD APARENTE VS EL ESPACIAMIENTO.....	36

FIGURA 19: SE PUEDE APRECIAR LA RESISTIVIDAD DEL SUELO, LA RESISTIVIDAD SUPERFICIAL, Y LA ALTURA; LUEGO DE HABER INTRODUCIDO LOS DATOS OBTENIDOS DE CAMPO .....	41
FIGURA 20: SE PUEDE APRECIAR EL CALCULO DEL CONDUCTOR Y EL CALCULO DE LA RETICULA DE MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	42
FIGURA 21: SE PUEDE APRECIAR LAS TENSIONES DE TOQUE Y TENSIONES DE PASO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. TAMBIEN SE PUEDE OBSERVAR QUE EL SOFTWARE EXCEL, YA NOS DETERMINO LA RESISTENCIA DE MALLA ANTE UNA DESCARGA ATMOSFERICA.....	43

## RESUMEN

La presente tesis, está sujeta a los criterios de diseño de puestas a tierra establecidos en el código nacional de electricidad (C.N.E). y la norma IEEE-80.

Mediante el método observacional y de análisis, se determinó que la empresa Sima Iquitos (Servicios Industriales de la Marina), teniendo 3 pararrayos en el sector, no es suficiente para proteger todo el entorno del área de producción, esto debido a que el diámetro de protección de aquellos pararrayos no cubre los varaderos de la empresa, de tal manera que está expuesta a un fenómeno atmosférico, ocasionando perdidas irreparables.

Según manifestado anteriormente, desarrollaremos un sistema de puesta a tierra para implementar la protección de los pararrayos tradicionales. A continuación, lo detallamos en capítulos.

En el Capítulo I, se hace una retroalimentación de como se ha venido desarrollando el astillero y el sistema de puesta a tierra. También formularemos el problema, del porque es importante diseñar un SPAT. Asimismo, plantearemos los objetivos de esta investigación, la justificación y la hipótesis que desencadenara el desarrollo del proyecto.

En el Capítulo II, obtendremos los antecedentes y la teoría a utilizar para desarrollar un óptimo diseño de puesta a tierra.

En el Capítulo III, se presenta la metodología para desarrollar la tesis.

En el Capítulo IV, desarrollaremos los objetivos de nuestra investigación, para luego en los siguientes capítulos demos nuestras discusión, conclusiones y recomendaciones del diseño de puesta a tierra en la empresa Sima Iquitos.

**Palabras clave:** Sistema de puesta a tierra (SPAT), resistividad, resistencia, ohmios, Servicios Industriales de la Marina (SIMA)



## ABSTRACT

This thesis is subject to the grounding design criteria established in the National Electricity Code (C.N.E). and the IEEE-80 standard.

Through the observational and analytical method, it was determined that the company Sima Iquitos (Industrial Services of the Navy), having 3 lightning rods in the sector, is not enough to protect the entire environment of the production area, this is due to the fact that the diameter of The protection of those lightning rods does not cover the company's dry docks, in such a way that it is exposed to an atmospheric phenomenon, causing irreparable losses.

As stated above, we will develop a grounding system to implement the protection of traditional lightning rods. Next, we detail it in chapters

In Chapter I, feedback is given on how the shipyard and the grounding system have been developing. We will also formulate the problem, why it is important to design a SPAT. Likewise, we will set out the objectives of this research, the justification and the hypothesis that will trigger the development of the project.

In Chapter II, we will get the background and theory to use to develop an optimal grounding design.

In Chapter III, the methodology to develop the thesis is presented.

In Chapter IV, we will develop the objectives of our research, and then in the following chapters we will give our discussion, conclusions and recommendations of the grounding design in the Sima Iquitos company.

**Keywords:** Grounding system (SPAT), resistivity, resistance, ohms, Marine Industrial Services (SIMA)

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de puesta a tierra a lo largo del tiempo ha sido un mecanismo de seguridad para las personas, parte de las instalaciones eléctricas, y consiste en conducir corrientes deflectoras a tierra, lo que evita que los usuarios o equipos entren en contacto con la electricidad, previniendo daños y/o la muerte. Está diseñado en equipos eléctricos y electrónicos, para protegernos de perturbaciones eléctricas transitorias, y para controlar manipulaciones y descargas atmosféricas. (MANAGEMENT, 2020)

Es muy importante utilizar el sistema de puesta a tierra, esta se basa en el valor de impedancia óhmica, ya que garantizará la protección de personas y equipos eléctricos y/o electrónicos. Cuando la impedancia óhmica de tierra supera los 25 ohmios, el SPAT ya no proporciona la protección adecuada y; Por el contrario, cuando el valor de la resistencia óhmica del PSAT es inferior a 25 ohmios, el sistema está protegido. (SIMAI, 2019)

El centro de operaciones Sima-Iquitos, fue creada como el astillero con mayor capacidad en la Amazonia peruana, donde a través de dos varaderos construyen, modernizan y reparan embarcaciones fluviales de todo tipo. (SIMAI, 2019)

En este centro de operaciones, en los últimos años, se han mantenido los sistemas de protección tradicionales, mediante el uso de pararrayos, los cuales no han mostrado eficiencia en la protección eléctrica y han ocasionado problemas inclusive personales, por ser obsoletos. (SIMAI, 2019)

Los varaderos consistentes en rieles de soporte, en donde van adheridos módulos de construcciones navales; generan a que el personal trabaje sobre él, estando a la deriva de descarga electica de las maquinas o de alguna descarga atmosférica (rayos). (SIMAI, 2019)

Los varaderos del Sima-Iquitos han estado expuesto a una eventual falla de energía eléctrica, creando sobretensiones en las redes eléctricas, entonces, pondría en peligro los equipos conectados. Si un SPAT tiene una resistencia alta en ohmios, la corriente en lugar de descargarse a tierra hará que la corriente fluya de regreso

a la red, causando daños a los equipos eléctricos y/o maquinaria y, lo que es peor, la muerte de las personas. (SIMAI, 2019)

En la ciudad de Iquitos-Loreto, existe una variedad de fenómenos atmosféricos, uno de ellos son los Rayos que frecuentemente caen a su libre albedrío; dicho astillero tiene tres pararrayos, las cuales sus radios de protección no cubren todo el varadero, en este caso, la gravedad del asunto sería más crítico, ya que si cayera un rayo a estos varaderos, entonces esto produciría incendios, destrucción masiva, y pérdidas irreparables como la muerte de decenas de trabajadores, ya que la intensidad de corriente que emite este fenómeno es inmensa, y no se puede determinar con exactitud. (D'Arrigo, 2017)

De acuerdo con lo anterior podemos establecer el planteamiento del siguiente problema: ¿De qué manera servirá el diseño del sistema de puesta a tierra en los varaderos del Sima-Iquitos para complementar la protección eléctrica de pararrayos tradicionales?

Una vez propuesto el problema, la investigación se ha justificado en los siguientes aspectos. En el aspecto social y seguridad, el personal calificado para trabajos en los varaderos, estarán protegidos, ya que, gracias a los pararrayos y los varaderos con un sistema a tierra eficiente, podrán realizar sus trabajos sin ningún riesgo eléctrico. En el aspecto tecnológico y económico, el SPAT, es una innovación de lo tradicional que eran los pararrayos, haciendo que la protección eléctrica de las instalaciones o atmosférica sean más eficientes y además que evitaría un gasto elevado en lo que corresponde poner la protección tradicionales, teniendo en cuenta que, si hubiera trabajadores muertos, esto sería una pérdida irreparable que perjudicaría completamente a la empresa; en el aspecto ecológico, la protección tradicional a través de la inducción de la energía radiante del rayo perjudicaría el entorno, en cambio con una protección del SPAT evitaría ello.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo evitar y controlar las descargas eléctricas o sobretensiones de manera más segura, creando un camino de descarga a la Tierra, para que allí se puedan descargar las corrientes eléctricas. Es por lo que el SPAT es de mayor importancia en sectores como el centro de operaciones Sima-Iquitos.

Este trabajo es muy importante, ya que a través del análisis y diseño contribuirá a garantizar la seguridad de las personas, mayor confiabilidad, continuidad y seguridad del sistema eléctrico.

La presente investigación tuvo como objetivo principal, complementar la protección eléctrica de pararrayos tradicionales a través del sistema de puesta a tierra en los varaderos del Sima Iquitos. Y para lograr este objetivo general, se logró establecer el siguiente objetivo específico:

i) Realizar un estudio de la situación actual sobre la protección que alcanza los pararrayos tradicionales; ii). Realizar pruebas de campo para determinar la resistividad del terreno; iii) Procesar la información registrada en campo para el diseño definitivo; iv) Proyectar a través de un software la protección que brindara el SPAT; v) Determinar el aditivo para mejorar la resistencia del SPAT; vi) Costos y presupuestos del proyecto

Para nuestro proyecto tendremos como hipótesis general: Con la aplicación del diseño del sistema de puesta a tierra en los varaderos del Sima-Iquitos, se podrá complementar la protección eléctrica de pararrayos tradicionales.

## II. MARCO TEÓRICO

Una vez planteado los objetivos y la hipótesis a desarrollar, podemos tener en cuenta algunos trabajos previos como el desarrollado por (Gallego, Limonte, Valcarcel, & Mariño, 2014) que, en su trabajo teórico experimental, nos respalda indicando que el SPAT es un sistema de protección potencial cuando ocurren algunos fenómenos transitorios como de falla, manipulación y descargas atmosféricas. En estos fenómenos, las altas tensiones y corrientes generados pueden causar daños al sistema y a los dispositivos conectados en él, además de exponer la integridad de los trabajadores. Entonces como medida de seguridad y para evitar daños, recomienda aterrizar todos los sistemas eléctricos, ya que la función de esta es, proporcionar una ruta de baja resistencia a la intensidad eléctrica para que se disperse a través del interior del suelo.

En forma similar (Crisostomo, 2014), en su tesis que tiene como objetivo tener una resistencia de puesta a tierra menor a 2 ohmios para proteger las entidades financieras de rayos, nos explica que el SPAT es fundamental para la protección de equipos y personas, él se basa en realizar un SPAT con el electrodo de cobre impecable, ya que con este mejoró la disipación eléctrica en un 90%, esto porque el cobre tiene un tiempo de vida de aproximadamente 40 años antes de que se pueda corroer. El autor concluye su proyecto demostrando que debemos determinar la resistividad del terreno y con la ayuda del compuesto químico THOR GEL, redujo considerablemente la resistividad del suelo, teniendo como resultado una impedancia óhmica de 1.78 hallado con el equipo de medición llamado telurómetro

Asimismo (Quispe & Gutierrez, 2018), en la elaboración de su trabajo de investigación nos explica diferentes SPAT para los laboratorios de la UNAP; nos demuestra experimentalmente como realizar dos sistemas de puesta a tierra, uno implementado con cemento conductor obteniendo como resultado 4.23 ohmios de resistencia, seguido a ello, se hizo el segundo sistema con gel conductor, teniendo como resultado una resistencia de 4.23 ohmios. Estos autores recomiendan que la varilla a utilizar sea siempre de cobre puro, para que no esté sujeta a corrosión como las varillas de acero combinadas con cobre.

Analizando a (Huete, 2008), en su trabajo de investigación, concluye que en todo SPAT es indispensable el uso del electrodo, ya que este es el factor fundamental para conseguir una menor resistencia.

Según (VILLA & INGA, 2010), en la elaboración de su tesis; nos da hincapié de la importancia que tiene la resistencia del terreno para saber con exactitud si se utilizara un terreno homogéneo/una capa o un terreno de doble capa. Esto nos permite evaluar las fórmulas a desarrollar y hallar la correcta resistividad del terreno.

A continuación, algunas definiciones de acuerdo con las normas IEEE Std 81 1983 y ASTM G 57-95 a: (MEDELLIN, 2008)

**Sistema de Puesta a Tierra (SPAT):** Es un grupo de elementos conductores de un sistema eléctrico particular, sin interruptores ni fusibles, que conectan equipos eléctricos a tierra. Incluye puesta a tierra y todos los elementos de puesta a tierra. (MEDELLIN, 2008)

**Suelo:** Es un sistema natural como resultado de procesos físicos, químicos y biológicos, y sus componentes básicos son los minerales y los sólidos inertes que le dan estabilidad, así como los líquidos y gases que determinan su comportamiento eléctrico. (MEDELLIN, 2008)

**Electrodo de Puesta a Tierra:** Es un conductor en contacto con la tierra, para tener un enlace eléctrico con el terreno. Pueden ser varillas, en placas, en cintas, en tubos, mallas o cables conductoras. (MEDELLIN, 2008)

**Puesta a tierra:** Es un grupo de elementos conductores de igual voltaje, en contacto eléctrico con la tierra, que distribuyen corrientes de falla en la tierra. Incluye: electrodo, conductor y cable enterrado. También conocido como conexión a tierra o toma de tierra. (MEDELLIN, 2008)

**Puesto a Tierra:** Es toda conexión de cualquier contacto intensional o accidental conectado a tierra. Se aplica a cualquier dispositivo o parte de una instalación eléctrica, que tenga una conexión a algún elemento determinado como puesta a tierra. (MEDELLIN, 2008)

**Tierra:** Eléctricamente definido, es una expresión que generaliza todo lo relacionado con el SPAT, en este caso puede ser, los chasis, el armazón, la carcasa, el suelo, el terreno, etc. (MEDELLÍN, 2019)

**Conductor del Electrodo de Puesta Tierra:** Es el conductor debidamente conectado a un SPAT, para luego distribuirlos a diferentes espacios de una instalación eléctrica. (MEDELLÍN, 2019)

**Resistividad del Suelo:** Es la representación de la resistencia a una cierta profundidad del suelo, esta es obtenida mediante una medida de campo a través del telurómetro. Su magnitud se expresa en ohmios metros o ohmios centímetros. Es lo contrario a la conductividad. (MEDELLIN, 2008)

**La resistividad eléctrica ( $\rho$ ):** Es la relación referente al campo eléctrico y la densidad de corriente de un punto específico. Es la resistencia dada por un cubo de 1m x 1m x 1m. (Max, 2020)

**Resistividad Aparente:** Es la resistividad que se obtiene al medirla directamente en suelo natural, bajo el diagrama de ingeniería definido por el método de los cuatro polos (4), aplicada con circuitos independientes de tensión y corriente, representa solo un punto. (MEDELLIN, 2008)

**Resistencia Mutua de Electrodo:** El fenómeno de resistencia que se da entre los polos de la tierra o puntos cercanos a la tierra, donde una corriente eléctrica que pasa por uno de ellos cambia el potencial del otro electrodo. su unidad (ohmios). (MEDELLÍN, 2019)

**Potencial Eléctrico:** La diferencia de potencial entre un punto y una superficie equipotencial, generalmente la superficie de la Tierra, se establece arbitrariamente en cero potenciales. (MEDELLÍN, 2019)

**Tierra Remota:** Es una región lo suficientemente alejada de la masa en estudio que se puede suponer que su energía potencial está vacía y que no se desarrolla incluso en presencia de una corriente eléctrica en la tierra en estudio. (MEDELLIN, 2008)

**Bajante a tierra:** Los conductores de cobre se utilizan para conectar la red de tierra a varias partes y equipos de la subestación, incluidos, entre otros, estructuras,

cercas, transformadores, disyuntores, pararrayos e instrumentación. (MEDELLIN, 2008)

**Conexión a Tierra:** Una ruta eléctrica a tierra o a un objeto conductor que se comporta como lo hace (como un marco de metal, un marco de equipo, etc.). Se puede utilizar como conector de retorno común para varios circuitos. Puede ser cero a tierra o puede estar conectado a tierra. (MEDELLIN, 2008)

**Ampacidad:** Capacidad de corriente. Es el valor límite de la corriente que puede soportar un conductor sin que llegue a dañarse por variaciones de sus propiedades eléctricas.

**Conservación:** Cuidado preventivo que se le hace a los equipos y al sistema eléctrico debidamente programado. (MEDELLIN, 2008)

**Ground Potential Rise:** Es la tensión máxima que se genera entre la malla y un punto potencial nulo. (MEDELLIN, 2008)

**Halo:** Conductores de cobres que se instalan para proteger los equipos causadas por una descarga eléctrica. (MEDELLIN, 2008)

**Inspección de las Instalaciones Eléctricas:** Es la evaluación constante de las construcciones eléctricas que realiza un especialista mandado por el dueño del proyecto, para verificar y garantizar que el trabajo se está ejecutando con las leyes y normas establecidas. (MEDELLIN, 2008)

**Malla conectada a Tierra:** Grupo de conductores de cobre conectados entre sí, para disipar los voltajes o corrientes no deseados en el circuito. Toda malla debe estar reglamentada y cumplir con los estándares del manual eléctrico. (MEDELLIN, 2008)

**Master Ground Bar:** Es el conductor principal de una conexión de alguna subestación. (MEDELLIN, 2008)

**Personal Calificado:** Trabajadores especializados en construir y operar sistemas eléctricos bajo estándares de seguridad. (MEDELLIN, 2008)

**Resistencia Base:** Resistencia que tiene una varilla entre el terreno. (MEDELLIN, 2008)



**Soldadura Exotérmica:** Fusión de los conductores de cobre producidas por el calor. (MEDELLIN, 2008)

**Varilla a Tierra:** Es el conductor metálico que va enterrado para la medición de conexión a tierra. (MEDELLIN, 2008)

**Voltaje de Toque:** Tensión que resalta entre el cuerpo de una persona al tocar una estructura metálica dentro del área de la SPAT. (MEDELLIN, 2008)

**Voltaje de Paso:** Es la tensión que resalta entre el cuerpo de una persona al dar un paso de un metro y toca alguna estructura metálica. (MEDELLIN, 2008)

Primero debemos conocer que es lo que necesitamos realmente para la medición de resistividad de suelo. (OHM, 2021)

- Uso de botas dieléctrica
- Uso de guantes dieléctricos
- Carga de la batería del telurómetro
- Conductores en buen estado
- Electrodo libres de óxidos u grasas

El instrumento de medición (telurómetro), deberá tener los siguientes elementos para realizar el procedimiento. (MEDELLÍN, 2019)

- Cuatro (4) bobinas de cable de colores diferentes (calibre 14 AWG)
- Cuatro (4) electrodos suficientemente fuertes para ser introducidos a la tierra a martillazos. Estos electrodos deben tener unos 30-60 cm de largo y 16 mm de diámetro
- Martillo

Existen varios métodos para medir la resistividad del suelo y, para los fines de esta norma, se debe utilizar el método de Wenner o el método de cuatro puntos como se muestra en la figura 1.

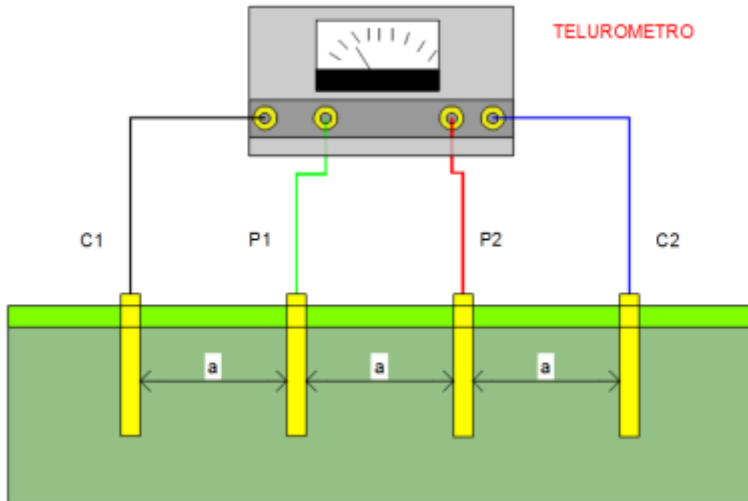


Figura 1 : Arreglo para la medición de resistividad por el método de Wenner

Fuente: Empresas públicas de Medellín (ESP)

En la Figura 1 se muestra que en los electrodos C1 y C2, se inyecta una corriente “I”, mientras que los dos electrodos que se encuentran dentro P1 y P2, el instrumento mide el potencial (V). (MEDELLÍN, 2019)

Entonces el instrumento halla la Resistencia  $R=V/I$ , para luego mediante la formula siguiente, hallamos la resistividad. (MEDELLÍN, 2019)

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

Donde:

- $\rho$ : resistividad aparente ( $\Omega m$ )
- R: resistencia eléctrica ( $\Omega$ )
- a: distancia entre electrodos (m)
- b: profundidad de enterramiento de los electrodos. (m)

En el caso que la distancia entre las varillas de cobre es mucho mayor que la profundidad, entonces ejecutamos la ecuación. (MEDELLÍN, 2019)

$$\rho = 2\pi aR \dots \dots \dots (Ec. 2)$$

Según (MACHACA & AQUINO, 2018); en su trabajo de; nos explica los materiales que se debe utilizar en el Sistema de Puesta a Tierra. Estas son:

### **Equipos, materiales e instrumentos a utilizar**

#### **Materiales**

Al realizar un SPAT, es importante tener en cuenta que necesitaremos ciertos materiales como: varilla, cables desnudos, conectores, soldadura, cemento conductivo.

#### **Varilla de cobre**

La varilla de cobre es un componente esencial para evitar corrientes derivadas o de caídas de rayos. Este electrodo de cobre insertado dentro del sistema de montaje es un material de alta calidad y tiene una alta conductividad eléctrica.

Características: Material: Cobre; Longitud: 2.40m; Diámetro: 5/8”



Figura 2 : Varilla de Cobre

Fuente: (Promart, s.f.)

#### **Cable de cobre desnudo:**

Conductor que será utilizada en el SPAT en mallado, para conectar las varillas.  
Características: Longitud: 10m; Sección: 120mm<sup>2</sup>.

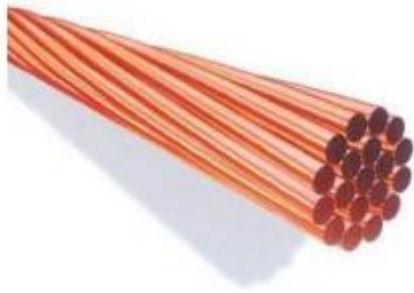


Figura 3 : Cable de Cobre.

Fuente: ( (MARTIARENA, s.f.))

### **Conector Anderson**

Conector que se utiliza para agarrar las varillas de cobre.



Figura 4 : Conector Anderson

Fuente: (Promart, s.f.)

### **Gel**

Es un aditivo que sirve para disminuir la resistencia del SPAT, utilizados desde el año 1984. Es un compuesto de propiedades complejas formado por la mezcla de soluciones acuosas de sus dos componentes en el suelo. El compuesto químico resultante es de naturaleza coloidal y forma una red tridimensional de iones positivos y negativos. Algunas moléculas pueden atravesar estos espacios vacíos, pero no a través de otras. En el caso de una buena puesta a tierra con Thorgel, se aumentará el área de contacto del conductor o cable de cobre, así como se evitará su corrosión. (para-rayos, 1984)



Figura 5 :Thor Gel

Fuente: (Promart, s.f.)

### **Cemento conductivo**

Es un aditivo que sirve para disminuir la resistividad del terreno, evitando una corrosión temprana en los conductores. El cemento conductor se utiliza para reducir la resistencia a tierra, reducir la resistencia y reducir la resistencia del sistema de puesta a tierra. Esta es una nueva solución de aplicación fácil y rápida para mejorar y construir cimientos. (ground, 2018)



Figura 6 : Cemento THOR CEM

Fuente: (Promart, s.f.)

### **Bentonita**

Características: Marca: Tierra Gel; Material: Bentonita; Peso: 30 kg



Figura 7 : Bentonita Sódica

Fuente: (CENTER, s.f.)

## Equipos

### Telurómetro digital

El telurómetro permite medir la resistencia de tierra (PAT), la resistencia del suelo por el método de Wenner y la tensión parásita por corrientes parásitas en la tierra.



Figura 8 : Telurómetro digital MTD-20KWe

Fuente: (MEGABRAS, s.f.)

## Pararrayos

Un pararrayos es un sistema receptor diseñado para capturar la descarga eléctrica de la atmósfera y dirigirla a tierra. Estos pararrayos deben cumplir con los reglamentos o normas nacionales e internacionales. (LIGHTNING, 2019)

Los objetivos de un pararrayos es capturar el rayo; conducir la corriente a tierra de forma segura; disipar la corriente en tierra; proteger de alteraciones secundarias del rayo. (LIGHTNING, 2019)

Según la norma internacional IEC:62305, existen 3 métodos para calcular la protección de pararrayos: a) método de la esfera rodante, b) método del ángulo y c) método de la malla. (INTEGRALES, 2021)

Según (INDUSTRIAL, 2018), el método del ángulo es el volumen de protección producido por el cono revolucionario, y su ángulo es función de la altura y grado de protección

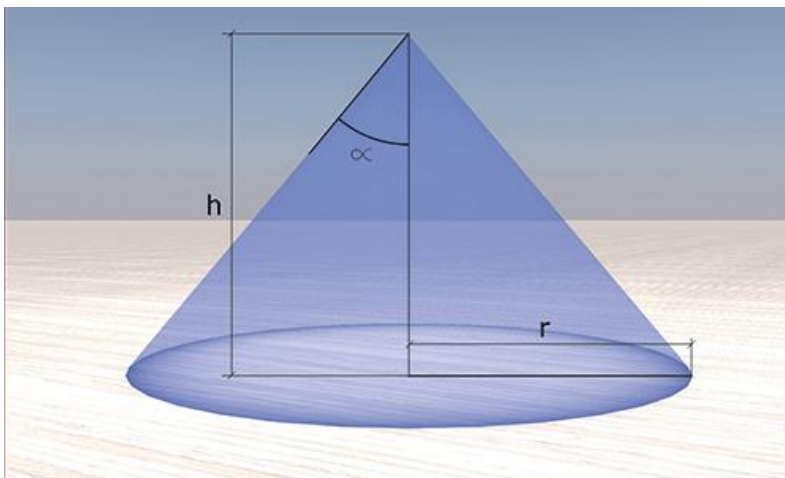


Figura 9 : Volumen de protección Franklin

Fuente: Isa Industrial

**Selección del conductor:** (VILLA & INGA, 2010)

$$Ac = I \left[ \frac{33t}{\log \left[ \frac{Tm - Ta}{234 + Ta} + 1 \right]} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (Ec. 3)$$

Ac=Sección del conductor (CM)

I= Corriente de falla (A)

Tm=Temperatura máxima en los nodos de la malla (450°C con soldadura,250°C con amarre pernado) (HERRERA & HERNANDEZ, 2003)

Ta= Temperatura ambiente (°C)

T=Tiempo máximo de despeje de falla (Seg)

Entonces sea:

Ta=40°C

Tm=450°C



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

**Tipo de investigación:** Aplicada, dado que el presente proyecto busca obtener una solución a las descargas eléctricas y atmosféricas mediante una simulación de un diseño del sistema de puesta a tierra en los varaderos de Sima Iquitos, enfocada en brindar soluciones al beneficio de la sociedad. (Ortiz, 2018)

**Diseño de investigación:** No experimental correlacional. (Borja, 2012) Nos dice que, los estudios de correlación explican la relación entre dos variables, no necesariamente significa que uno causa al otro, significa que investiga la relación entre dos variables, pero no una relación causal. (Causa y efecto).

#### 3.2 Variables y operacionalización: (Anexo 1)

**Variable Independiente:** Según (Borja, 2012), es la variable que produce la causa y efecto de la variable dependiente, se representa con la letra "X". En este caso nuestra variable independiente sería: Sistema de puesta a tierra

**Variable Dependiente:** Según (Borja, 2012), es el resultado producido por la variable independiente. Se representa con la letra "Y", entonces el resultado de ecuación sería  $Y=f(X)$ . Nuestra variable dependiente sería la mejora de la protección eléctrica

#### 3.3 Población, muestra y muestreo

**Población:** (Lalangui, 2021) lo define como la suma de elementos, personas y entidades con características similares que se utilizarán como unidad de muestra. También se le conoce como el universo. En nuestro caso, nuestra población es: Astillero del Sima Iquitos

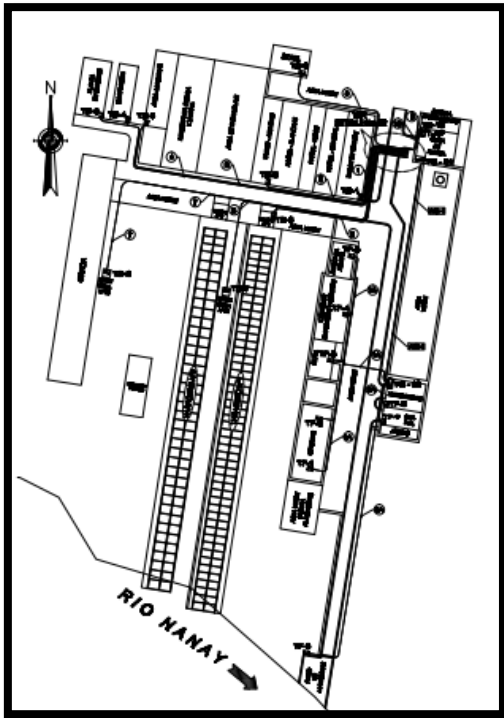


Figura 10: Plano Sima Iquitos

Fuente: Diseño Sima Iquitos

**Muestra:** Según (Lalanguí, 2021) la muestra es la parte de la población seleccionada para la recolección de datos. Nuestra muestra sería: Los dos varaderos del área de producción de Sima Iquitos.

*(Plano de protección de pararrayos)*

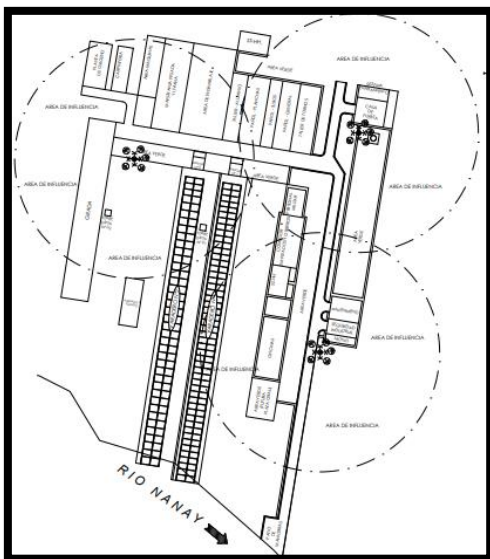


Figura 11 : Plano de protección de pararrayos

Fuente: Diseño del Sima Iquitos

**Muestreo:** Por conveniencia ya que se trata de un solo lugar

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

Al realizar una investigación (Hernandez & Duana, 2020) indica que los métodos, técnicas y herramientas deben ser considerados como factores que aseguran la practicidad de la investigación, donde los métodos representan el siguiente camino de investigación y las técnicas son el conjunto de herramientas para implementar el método. Además, el uso de técnicas de recopilación de información es la etapa en la que se examinan y transforman los datos para mostrar información útil, sacar conclusiones y ayudar a la toma de decisiones.

Entonces nuestras técnicas sería el análisis documental y los instrumentos de recolección de datos sería observación de campo que hemos obtenido del Sima Iquitos.

### **3.5 Procedimientos:**

Mediante la ficha técnica, y la observación de campo en el astillero, procedemos a hacer el análisis de criticidad, la cual ayudara a enfocar el problema y mediante una simulación con datos obtenidos en el astillero y en algunos antecedentes. También se unificará los costos y presupuesto para la propuesta de diseño.

### **3.6 Método de análisis de datos:**

Se elaborará gráficos mediante los datos obtenidos por formulas, en este caso por el método de la ley de Wenner, luego con los datos obtenidos comparamos con la simulación del software.

### **3.7 Aspectos éticos:**

En la presente investigación, hemos respetado el cumplimiento de la norma ISO 690 del código de ética de la UCV, seguido a ello, hemos respetado también las investigaciones de otros autores, las cuales se citaron en nuestras referencias. (Universidad Cesar Vallejo, 2017)

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1 Realizar el estudio de la situación actual sobre la protección que alcanza los pararrayos tradicionales.**

A inicios del último mes del año 2019, en el astillero Sima Iquitos, se renovaron los pararrayos tipo Franklin para una mejor protección en este. Concluyendo satisfactoriamente el trabajo. Según el informe del consorcio TyP (S.R.L, 2019)

El astillero Sima Iquitos, tiene tres pararrayos tipos Franklin, las cuales tienen una protección limitante para toda la empresa.

Según el informe emitido por el consorcio TyP (S.R.L, 2019); nos especifica que el radio de protección de los pararrayos es de 50m cada uno. (Figura 12)

En la figura 12 se muestra que existe un área no protegida por los pararrayos tradicionales, estando los varaderos expuestos a una descarga atmosférica (rayo).

Entonces para evaluar y determinar el área de influencia de los pararrayos, utilizamos el método del ángulo.

Altura del pararrayo=42m

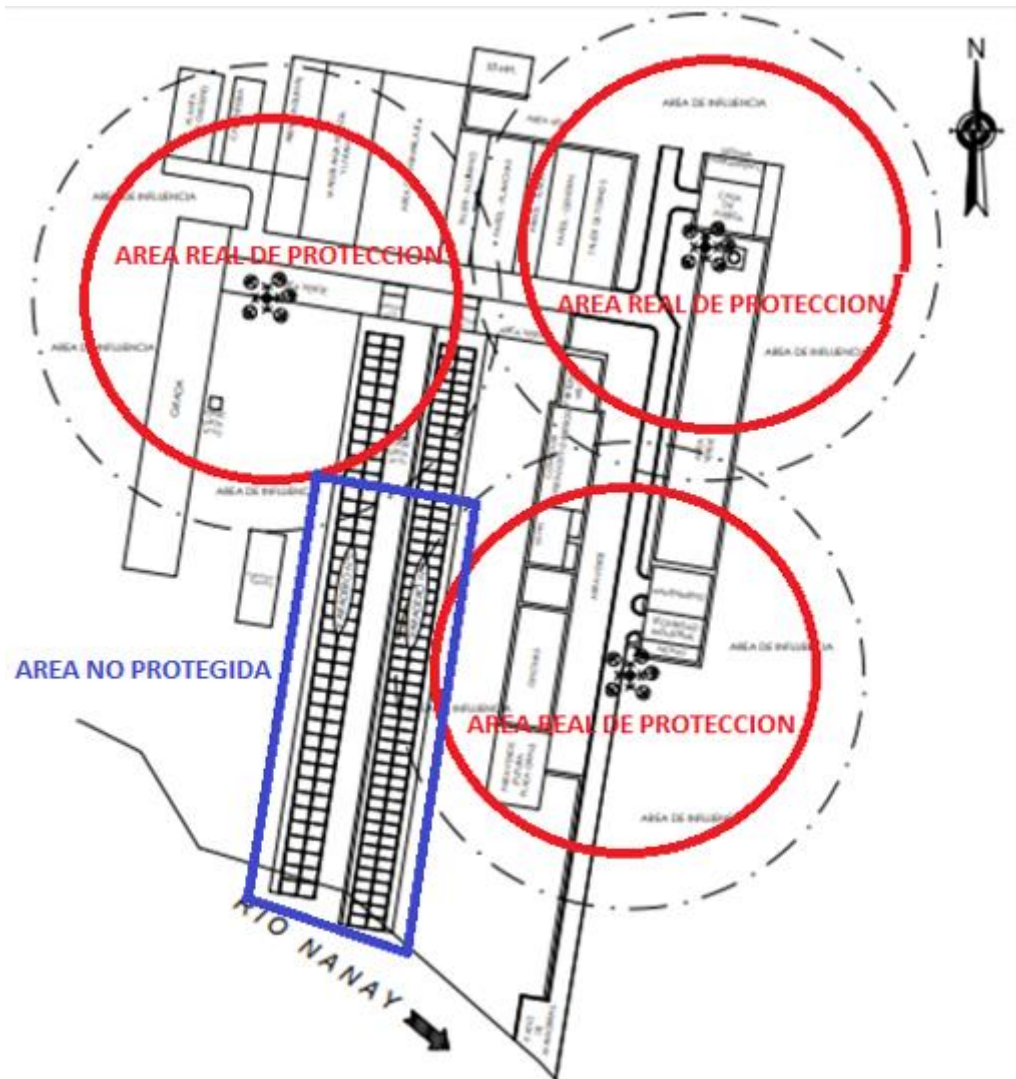


Figura 12 : Radio de Protección de los pararrayos y área no protegida.

Fuente: División de Diseño del Sima Iquitos (IE.04)

En este caso aplicaremos el método del ángulo, para determinar con exactitud el radio de protección del pararrayo Franklin, teniendo como altura  $h=42\text{m}$

Sabemos que la altura del pararrayo tipo Franklin es de  $h:42\text{m}$ , nos dirigimos a la tabla de ángulo para analizar el tipo de nivel de protección. (Figura 14)

Donde ponemos una punta captadora con  $h = 42\text{m}$  referente al suelo, para esta altura y nivel 4 de protección, el ángulo correspondiente según tabla es de  $\alpha = 36^\circ$  y la distancia protegida sobre el nivel del terreno será de  $r = 30.51\text{m}$ . (figura14)

Entonces concluimos que los tres pararrayos tipo franklin, la protección permitida será máximo de 30,51 metros de radio.

Esto quiere decir que, el área protegida no cubre toda el área de producción del astillero Sima Iquitos (se muestra en la figura 12).

Altura de la punta captadora h en m	SK I		SKI II		SK III		SK IV	
	Ángulo $\alpha$	Distancia a en m	Ángulo $\alpha$	Distancia a en m	Ángulo $\alpha$	Distancia a en m	Ángulo $\alpha$	Distancia a en m
1	71	2,90	74	3,49	77	4,33	79	5,14
2	71	5,81	74	6,97	77	8,66	79	10,29
3	66	6,74	71	8,71	74	10,46	76	12,03
4	62	7,52	68	9,90	72	12,31	74	13,95
5	59	8,32	65	10,72	70	13,74	72	15,39
6	56	8,90	62	11,20	66	14,05	71	17,43
7	53	9,29	60	12,12	66	15,72	69	18,24
8	50	9,53	58	12,80	64	16,40	68	19,80
9	48	10,00	56	13,34	62	16,93	66	20,21
10	45	10,00	54	13,76	61	18,04	65	21,45
11	43	10,26	52	14,08	59	18,31	64	22,55
12	40	10,07	50	14,30	58	19,20	62	22,57
13	38	10,16	49	14,95	57	20,02	61	23,45
14	36	10,17	47	15,01	55	19,99	60	24,25
15	34	10,12	45	15,00	54	20,65	59	24,96
16	32	10,00	44	15,45	53	21,23	58	25,61
17	30	9,81	42	15,31	51	20,99	57	26,18
18	27	9,17	40	15,10	50	21,45	56	26,69
19	25	8,86	39	15,39	49	21,86	55	27,13
20	23	8,49	37	15,07	48	22,21	54	27,53
21			36	15,26	47	22,52	53	27,87
22			35	15,40	46	22,78	52	28,16
23			36	16,71	47	24,66	53	30,52
24			32	15,00	44	23,18	50	28,60
25			30	14,43	43	23,31	49	28,76
26			29	14,41	41	22,60	49	29,91
27			27	13,76	40	22,66	48	29,99
28			26	13,66	39	22,67	47	30,03
29			25	13,52	38	22,66	46	30,03
30			23	12,73	37	22,61	45	30,00
31					36	22,52	44	29,94
32					35	22,41	44	30,90
33					35	23,11	43	30,77
34					34	22,93	42	30,61
35					33	22,73	41	30,43
36					32	22,50	40	30,21
37					31	22,23	40	31,05
38					30	21,94	39	30,77
39					29	21,62	38	30,47
40								
41					27	20,89	37	30,90
42					26	20,48	36	30,51
43					25	20,05	35	30,11
44					24	19,56	35	30,01
45					23	19,10	34	30,35
46							33	29,87
47							32	29,37
48							32	29,99
49							31	29,44
50							30	28,87
51							30	29,44
52							29	28,82
53							28	28,18
54							27	27,51
55							27	28,02
56							26	27,31
57							25	26,58
58							25	27,05
59							24	26,27
60							23	25,47



Figura 13: Tabla de ángulo para calcular el nivel de protección de pararrayos.

Fuente: Manual de protección contra rayos 55 (BLITZPLANER, 2007)

#### 4.2 Realizar pruebas de campo para determinar la resistividad del terrero

Estando en el astillero Sima Iquitos, pudimos emplear el telurómetro para poder hallar la resistividad del terreno.

Teniendo en cuenta que según las características geológicas del suelo de Iquitos-Perú, es de arena fina y arcilla y que no se observan en la zona afloramientos rocosos, ni sedimentos del tipo de agregados gruesos como lo demuestra (CHACON, 2001) en el laboratorio Geotécnico del CISMID (Anexo 6)

i) Hallamos la resistividad con un espaciamiento de electrodos de 2 metros

Dando como resultado en el Perfil 1:  $\rho_1=21.36\Omega m$ ; en el Perfil 2:  $\rho_2=21.36\Omega m$ , en el Perfil 3:  $\rho_3=22.87\Omega m$



Figura 14: Resistividad con 2 metros de distancias entre electrodos.

Fuente: Elaboración propia

ii) Hallamos la resistividad con un espaciamiento de electrodo de 4 metros

Dando como resultado en el Perfil 1:  $\rho_1=42.73\Omega m$ ; en el Perfil 2:  $\rho_2=42.22\Omega m$ , en el Perfil 3:  $\rho_3=43.73\Omega m$

iii) Hallamos la resistividad con un espaciamento de electrodo de 6 metros

Dando como resultado en el Perfil 1:  $\rho_1=60.32\Omega m$ ; en el Perfil 2:  $\rho_2=56.55\Omega m$ , en el Perfil 3:  $\rho_3=60.32\Omega m$

iv) Hallamos la resistividad con un espaciamento de electrodo de 8 metros

Dando como resultado en el Perfil 1:  $\rho_1=66.35\Omega m$ ; en el Perfil 2:  $\rho_2=62.83\Omega m$ , en el Perfil 3:  $\rho_3=70.37\Omega m$



Figura 15 : Resistividad con 8 metros de distancias entre electrodos.

Fuente: Elaboración propia

Hallamos la resistividad con un espaciamento de electrodo de 16 metros

Dando como resultado en el Perfil 1:  $\rho_1=110.58\Omega m$ ; en el Perfil 2:  $\rho_2=110.58\Omega m$ , en el Perfil 3:  $\rho_3=120.64\Omega m$

Teniendo la resistividad del terreno en los tres perfiles, hallamos la resistividad aparente.



<b>ESPACIAMIENTO a(m)</b>	<b>RESISTIVIDAD PERFIL 1(<math>\Omega</math>m)</b>	<b>RESISTIVIDAD PERFIL 2(<math>\Omega</math>m)</b>	<b>RESISTIVIDAD PERFIL 3(<math>\Omega</math>m)</b>	<b>Resistividad Aparente <math>\rho=e^{(S+X)}</math> (<math>\Omega</math>m)</b>
2	21.36	21.36	22.87	22.73
4	42.73	42.22	43.73	43.66
6	60.32	56.55	60.32	61.28
8	66.35	62.83	70.37	70.32
16	110.58	110.58	120.64	119.70

Tabla 1 : Resistividad del terreno con respecto a la resistencia y espaciamiento

Fuente: Elaboración propia

La Resistividad aparente de la tabla 3, del primer espaciamiento (2m), lo calculamos con la siguiente fórmula:

$\rho=e^{(S+X)}$  Donde la desviación estándar es:0.04; y la media es: 3.08→  
 $\rho=e^{(0.04+3.08)} \rightarrow \rho=22.73\Omega\text{m}$  (Aplicación de Excel en el anexo)

Determinamos el tipo de suelo, calculando el porcentaje de diferencia del menor espaciamiento y el mayor espaciamiento de la resistividad aparente.

Dando como respuesta un % mayor al 30%. Entonces podemos decir que, el suelo es un suelo heterogéneo o de dos capas.

Explicación del método de dos capas o método de Sunde.

a) Se grafica Espaciamiento “a” vs Resistividad Aparente: De todos los datos recogidos en campo, podemos construir una curva de la resistividad del terreno en función a la distancia de electrodos.

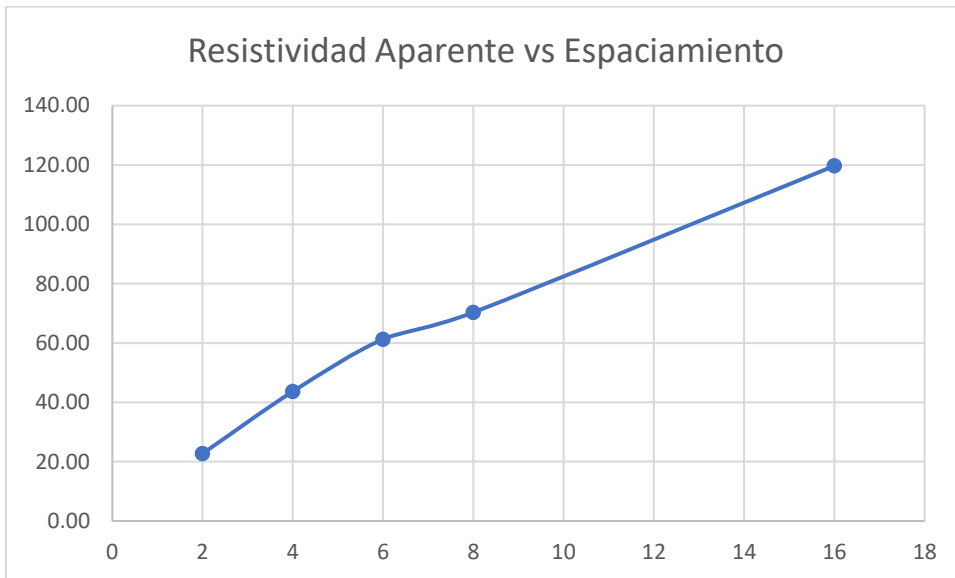


Figura 16: Grafico de la resistividad del terreno con respecto a la distancia de electrodos

Fuente: Elaboración propia.

b) Calculamos la relación de

$$\rho_2/\rho_1 \dots\dots\dots(\text{Ec.4})$$

$$\rho_2/\rho_1=119.71/22.73$$

$$\rho_2/\rho_1=5.27=5 \text{ (Figura 17)}$$

c) Ubicamos la relación  $\rho_2/\rho_1$  en la gráfica de Sunde del IEEE-80-2013

Tomando la relación  $a/h=5$

Obtenemos la relación  $\rho_a/\rho_1$

d) Entonces  $\rho_a/\rho_1=\text{aprox. } 3.5$  (Figura 22)

e) Si  $\rho_1=22.73 \rightarrow \rho_a=79.56$

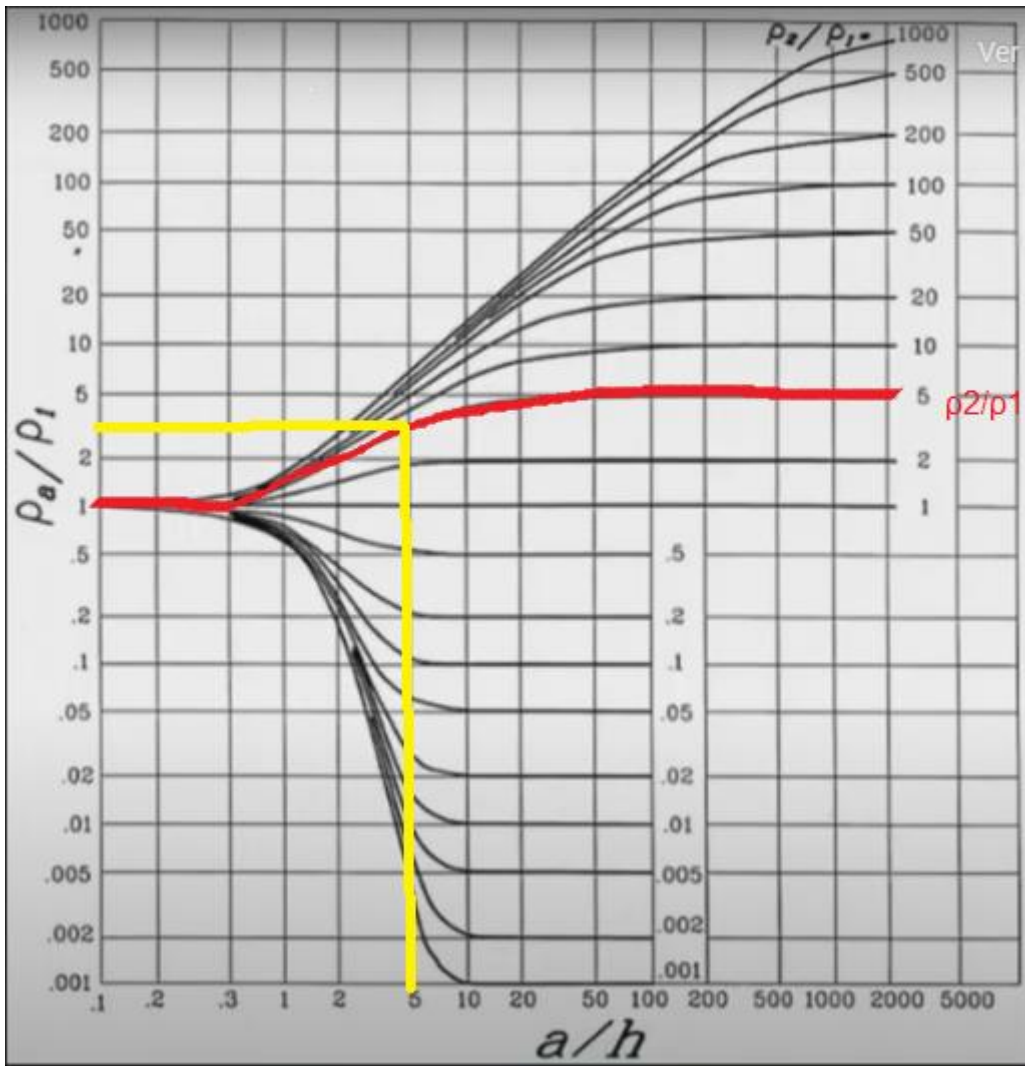


Figura 17 : Gráfica de Sunde - resistividad vs el espaciamento relacionado con la profundidad de la segunda capa.

Fuente: Método de Sunde - IEEE-80-2013

De nuevo usamos la curva a vs  $\rho$

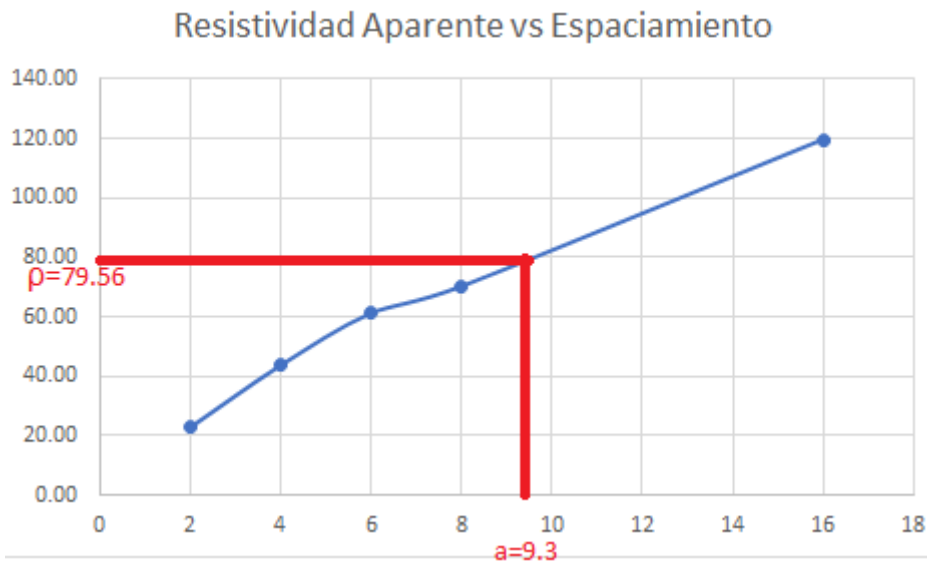


Figura 18 :Curva de la resistividad aparente vs el espaciamento

Fuente: Elaboración propia

- f) Calculamos entonces H de la relación  
 $a/H=5$  (Figura 17);.....(Ec.5)  
 Con  $a=9.3$  (Figura 18)  
 $H=1.86m$

Con esta curva entendemos que las profundidades inferiores para efecto de nuestro diseño de puesta a tierra, es más favorable, porque la resistividad es más pequeña. En este caso, nos conviene trabajar a menores profundidades porque la resistividad del suelo es inferior.

Ya obtenido el método de dos capas, decimos que nuestra resistividad de superficie es de  $22.73 \Omega m$ , la resistividad del terreno es de  $119.7 \Omega m$  y la profundidad de ellas es de  $H= 1.86m$

### 4.3 Procesar la información registrada en campo para el diseño definitivo

Para tener un SPAT con una excelente conductividad de corriente, necesitamos que este tenga la menor resistencia posible.

#### Diseño del SPAT con malla:

Dimensiones del área: 7.5 x 7.5 m<sup>2</sup>

Corriente max. De rayo: 200KA (OTERO, 2014)

Resistividad del suelo: 119.71Ωm

Resistividad superficial: 22.73Ωm

Tiempo max. De falla: 0.5 seg.

Profundidad H: 1.86m

#### 4.3.1 Selección del conductor

De la Ec.3, aplicaremos y resolvemos:

$$A_c = 200000 \left[ \frac{33(0.5)}{\log \left[ \frac{(450) - (40)}{234 + (40)} + 1 \right]} \right]^{1/2}$$

$$A_c = 1288871.611 \text{ CM}$$

Conductor = 107.21mm<sup>2</sup> → 120mm<sup>2</sup> (Anexo2)

Calculamos las tensiones máximas permitidas de paso y toque para un peso de 70Kg

**Voltaje de paso:** (Castillo & Marquez, 2018)

$$E_{paso} = (1000 + 6C_s \times \rho) \frac{0.157}{\sqrt{T_s}} \dots \dots \dots (Ec. 6)$$

Donde C<sub>s</sub>:

$$C_s = 1 - \frac{0.09x \left( 1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2H_s + 0.09} \dots \dots \dots (Ec. 7)$$

Resolviendo C<sub>s</sub>=1.10 (factor de reducción)

Entonces la tensión de paso:  $E_{paso}=255.34V$

**Voltaje de contacto:** (Castillo & Marquez, 2018)

$$E_{contacto} = (1000 + 1.5Cs \times \rho) \frac{0.157}{\sqrt{Ts}} \dots \dots \dots (Ec. 8)$$

Resolviendo la tensión de contacto:  $E_{contacto}=230.36V$

**Diseño preliminar de la malla:**

a) Longitud total de cable:

$$L_c = 4 \times 7.5 + 4 \times 7.5 = 60m$$

b) Longitud total de varillas

$$L_v = 4 \times 2.4 = 9.6m$$

c) Longitud total de conductores

$$L_t = L_c + L_v; \dots \dots \dots (Ec.9)$$

$$L_t = 69.6$$

d) Calculo de la Resistencia de malla:

$$R_g = \frac{\rho}{4} \times \sqrt{\frac{\pi}{A}} + \frac{\rho}{L_t} \dots \dots \dots (Ec. 10)$$

$$R_g = \frac{119.70}{4} \times \sqrt{\frac{\pi}{A}} + \frac{119.70}{69.6}$$

$$R_g = 2.60\Omega$$

Esto quiere decir que, nuestro sistema de puesta a tierra tendrá una buena conductividad de la corriente, y evitará daños a los trabajadores de Sima Iquitos por alguna descarga atmosférica o descarga provocada.

#### **4.4 Proyectar a través de un software la protección que brindara el SPAT**

##### **Resultados programa EXCEL:**

Para comparar los resultados hechos a mano, se ha utilizado un conocido software, Excel.

Se ha introducido los diferentes datos obtenidos de campo, en este caso la resistividad superficial, resistividad de suelo, la profundidad, las temperaturas, el área de la malla, y la corriente de cortocircuito. Para que mas adelante se pueda observar el resultado preciso que emite el software Excel.

**Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra**  
 Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"

DATOS DEL TERRENO		
Lado Mayor de la Malla	m	7.5
Lado Menor de la Malla	m	7.5
Resistividad de la 1ª Capa $\rho_1$ (si se modelan 2 capas de suelo)	$\Omega.m$	23
Resistividad de la 2ª Capa $\rho_2$ (si se modelan 2 capas de suelo)	$\Omega.m$	120.00
Espesor de la 1ª Capa $H$ (si se modelan 2 capas de suelo)	m	2.00
Resistividad equivalente del terreno $\rho$	$\Omega.m$	23.0
Resistividad Capa Superficial $\rho_s$	$\Omega.m$	120
Espesor Capa Superficial $h_s$	m	2.00
Area de la Malla $A$	m <sup>2</sup>	56.25
Profundidad de la Malla $h$	m	0.7

DATOS DE CONEXION		
Tiempo de Despeje de la Falla $t_f$	seg	0.50
Temperatura Máxima de Operación	°C	450
Temperatura Ambiente	°C	40

DATOS DE CORRIENTE DE FALLA Y DE LA LINEA DE TRANSMISION DE AT DE ENTRADA		
Corriente de Falla a Tierra $I_f$ Lado AT	A	200000
Corriente de Falla a Tierra $I_f$ Lado BT	A	200000
Relación X/R del Sistema	-	10
Factor de Decremento $D_f$	-	1.026
Corriente de Diseño de los Conductores (Lado de Mayor $I_f$ )	A	205237

VOLVER MENU PRINCIPAL

IMPRIMIR DATOS

Por Favor Seleccione el Tipo Conexión en su Diseño

UNION EXOTERMICA

UNION COMPRESION

**Nota:** Si de las mediciones de resistividad del terreno se concluye que este se puede modelar por un suelo uniforme, entonces se debe usar el modelo de una capa de suelo y no debe introducir datos en  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ , ni  $H$ . Sólo necesita introducir el valor de la resistividad  $\rho$ . De lo contrario, modele el terreno por un suelo de dos capas introduciendo todos los valores, incluyendo el de resistividad equivalente  $\rho$ .  $\rho_1$  y  $\rho_2$  se obtienen de las mediciones.  $H$  y  $\rho$  se pueden obtener del método gráfico de Sunde, descrito en la IEEE 80-2000, cláusula 13.4.2.2. Allí, debe tomar a  $H$  como  $h$ , y a  $\rho$  como  $\rho_s$ .

**Especificaciones de CADAPE NS-P-360:**  
 ❖ La malla debe extenderse por lo menos 1 m fuera de la cerca perimetral de la subestación.  
 ❖ La profundidad de la malla  $h$  no debe ser menor de 0.5 m.

Figura 19: Se puede apreciar la resistividad del suelo, la resistividad superficial, y la altura; luego de haber introducido los datos obtenidos de campo

Fuente: Software Excel



**Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra**  
**Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"**

**CALCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA**

Corriente de Diseño de los Conductores	A	205237
Sección Transversal Requerida del Conductor	mm <sup>2</sup>	107.22
Temperatura Máxima de Operación	°C	450
Temperatura Ambiente	°C	40
Tiempo de Despeje de la Falla $t_f$	seg	0.50

Calibre del Conductor	Area		Nº Hilos	Diámetro de Cada Hilo	Diámetro Exterior	Peso Aproximado
	kcmil	mm <sup>2</sup>				
1/0	105.6	53.49	7	3.12	9.35	485
2/0	133.1	67.43	7	3.5	10.5	611
3/0	167.8	85.01	7	3.93	11.8	771
4/0	211.6	107.22	7	4.42	13.3	972
250	250	127	12	3.67	15.2	1149
300	300	152	12	4.02	16.7	1378
350	350	177	12	4.34	18	1610
400	400	203	19	3.69	18.5	1838
450	450	228	19	3.91	19.6	2067
500	500	253	19	4.12	20.6	2297
550	550	279	37	3.1	21.7	2527
600	600	304	37	3.23	22.6	2757
650	650	329	37	3.37	23.6	2986
700	700	355	37	3.49	24.4	3216
750	750	380	37	3.62	25.3	3446

Fuente: CABEL

**Resultado del Calibre del Conductor**

	Diámetro	Calibre
Calibre Mínimo del Conductor:	13.30 mm	4/0

**Nota:** Por razones mecánicas, el calibre mínimo a usar en las mallas de tierra es de 4/0 AWG.

**CALCULO DE LA RETICULA DE MALLA DE PUESTA A TIERRA**

Lado Mayor de la Malla	m	7.5
Lado Menor de la Malla	m	7.5
Espacio Entre Conductores Paralelos $D$	m	2.50
Nº de Conductores Paralelos al Lado Mayor	-	4
Nº de Conductores Paralelos al Lado Menor	-	4
Longitud Total del Conductor de la Malla $L_c$	m	60.0

Por Favor Seleccione el Número de Conductores en Paralelo al Lado Mayor

VOLVER MENU PRINCIPAL

IMPRIMIR CONDUCTOR Y RETICULA

Figura 20 : Se puede apreciar el cálculo del conductor y el cálculo de la retícula de malla de puesta a tierra.

Fuente: Excel

### Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra

Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"

---

**TENSIONES TOLERABLES**

Tensión de Toque Tolerable $E_{touch}$	V	Emtol	254.8
Tensión de Paso Tolerable $E_{step}$	V	Estol	353.0
Factor de Reflexión K	-	k	-0.63
Factor de Reducción del Terreno $C_g$	-	Cs	0.98

CRITERIO 50 kg

CRITERIO 70 kg

Nota: Se recomienda dimensionar según el criterio de 70 kg.

Par Favor Seleccione el Criterio de Diseño

---

Sin Jabalinas
  Sólo Jabalinas Dentro de la Malla
  Con Jabalinas en el Perímetro y con o sin Jabalinas Dentro de la Malla

Nota: Si se colocan sólo jabalinas en las esquinas y con o sin jabalinas dentro de la malla, seleccione el tercer tipo de arreglo: jabalinas en el perímetro.

Par Favor Seleccione el Tipo de Arreglo

---

**RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA<sup>o</sup>**

Resistencia de Puesta a Tierra $R_g$ (Ω)	Ω	2.425
--	---	-------

**Ud. seleccionó un arreglo con jabalinas:**  
 Por favor coloque todos los datos de las jabalinas -->

JABALINAS		
Número de Jabalinas $n_R$	-	4
Diámetro de las Jabalinas 2.b	pulg	0.7500
Longitud de cada Jabalinas $L_r$	m	2.44
Longitud total de todas las Jabalinas $LR$		9.76

Nota: Las jabalinas convencionales en Peru son de 2.44 m de largo y 5/8 pulgadas (0.625 pulg).  
 Se obtienen jabalinas más largas atomillándolas entre sí, por lo que la longitud de las jabalinas  $L_r$ , a introducir debería ser un múltiplo de 2.44 m.

Figura 21 : Se puede apreciar las tensiones de toque y tensiones de paso del sistema de puesta a tierra. También se puede observar que el software Excel, ya nos determinó la resistencia de la malla ante una descarga atmosférica (rayo)

Fuente: Excel

Concluyendo con el objetivo 4, sabemos que, a más conductores, la resistencia de la malla será variable. Por esa razón, solo hemos determinado una malla de 7.5m x 7.5m con un espaciado entre los conductores de 2.5m, ésta dando como resistencia de malla: 2.4Ω

Los resultados a través de los cálculos desarrollados nos dan: 2.6Ω; y la del software nos da como resistencia: 2.4Ω.

Comparamos los resultados por calculo vs resultados por Excel, dando como resultado lo siguiente:

DESCRIPCION	CALCULO		UNIDADES
	INICIAL	EXCEL	
resistividad ρ1	23	23	Ωm
Resistividad ρ2	120	120	Ωm
Altura H	2	2	m
Corriente máx.	200	200	KA
Tiempo máx.	0.5	0.5	seg.
Tensión paso	255.34	261.3	Volt
Tensión contacto	230.36	379.1	Volt
Resistencia de malla	2.6	2.4	Ω

Tabla 2 : Comparar resultados

Fuente: Elaboración propia

Entonces podemos decir que el Software Excel, es más precisa, ya que es un operador inteligente, que, al introducir nuestros datos, como las resistividades obtenidas del campo, nuestra corriente de falla, nuestra temperatura, el peso de una persona en kg, etc, nos ayuda a determinar con exactitud, las tensiones que están en los parámetros permitidos, y lo más importante, la resistencia de la puesta a tierra ante una falla atmosférica.

Este Software, permite a los ingenieros analizar y diseñar de forma rápida y precisa la protección de puesta a tierra. El enfoque de diseño flexible le permite mostrar rápidamente formularios personalizados o diagramas muy detallados. La computación paralela multinúcleo altamente eficiente permite un análisis rápido de aplicaciones a gran escala, sin redundancia.

#### **4.5 Determinar el aditivo para mejorar la resistencia del Sistema de Puesta a Tierra.**

Teniendo en cuenta la resistencia de la malla obtenida del software Excel, equivalente a  $2.4\Omega$  entonces, aplicaremos un aditivo que nos ayude a mejorar la resistencia, es decir, en disminuir los ohmios.

Como antes ya mencionado, existen una variedad de compuestos químicos que ayudan a una mejor conductividad de la corriente, y también nos va a reducir la resistencia de nuestro sistema de puesta a tierra.

En este caso, hemos elegido al cemento conductor ThorCem, ya que nos permite disminuir a un 70% de la resistencia actual. (rayos, 1976)

Entonces si tenemos una resistencia de  $2.4\Omega$ , el 70% de ella será:  $1.68\Omega$

Esto quiere decir que nuestra resistencia de la malla está dentro de los parámetros permitidos.

#### 4.6 Costo y presupuesto de inversión:

El presente proyecto, a medida que los pararrayos tipo Franklin no protegen el área de producción (varaderos) del Sima Iquitos, hemos diseñado un sistema de puesta a tierra (tipo malla) para complementar la protección. A continuación, el presupuesto del SPAT vs pararrayo tipo franklin:

<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (TIPO MALLA)</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>IMPORTE</b>
1	cobre desnudo 120mm2	80	30.00	2400.00
2	electrodo de cobre	4	280	1120.00
3	chispero	1	1200.00	1200.00
4	pólvora de carga	9	15.00	135.00
5	Molde termofusión	1	285.00	285.00
6	Tenaza para molde	1	416.60	416.60
7	cemento conductor	4	80.00	320.00
8	INSTALACION	1	4000.00	4000.00
				9876.60

Tabla 3 : Presupuesto del sistema de puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia

El costo total del SPAT será de 9596.6 nuevos soles, a comparación de un pararrayo que se eleva su presupuesto, a continuación, se detalla:

<b>PARARRAYO TIPO FRANKLIN DE 42 METROS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>IMPORTE</b>
1	PARARRAYO TETRA'PUNTAL TIPO FRANKLIN	1	450.00	450.00
2	BASE AISLANTE PARARRAYO	1	32.00	32.00
3	ABRAZADERAS MASTIL	2	12.00	24.00
4	MASTIL 3M	14	175.00	2450.00
5	AISLADOR	28	8.00	224.00
6	SOPORTE AISLADOR	28	8.00	224.00
7	CABLE FORRADO35MM	43	23.00	989.00
8	CAJA DE REGISTRO PVC	1	30.00	30.00
9	VARILLA DE COBRE ELECTROLITICO	1	225.00	225.00
10	CONECTOR AB	12	4.00	48.00
11	CABLE DE COBRE DESNUDO	45	24.00	1080.00
12	CEMENTO THORCEM	2	83.00	166.00
13	INSTALACION	1	12000.00	12000.00
				17942.00

Tabla 4 : Presupuesto del pararrayo tipo Franklin

Fuente: Elaboración propia

**Diferencia económica de pararrayos vs SPAT:**

$$17942.00-9876.60=8065.40$$

Hacer un sistema de puesta a tierra, nos resulta más favorable que construir un pararrayo tradicional, ya que el costo del segundo es muy elevado y evitara a que la empresa Sima Iquitos lo ejecute a la brevedad; en cambio el diseño de puesta a tierra (en mallado) nos resulta con un costo accesible y ejecutable.

El Sima Iquitos debe optar por una de ellas lo más pronto posible, ya que el departamento de Loreto es un clima con muchas descargas atmosféricas y al caer un rayo al varadero, producirá no solo daños a la empresa, sino también daños irreparables como es perder la vida de sus trabajadores.

Evitar y ejecutar este proyecto, ayudara a los trabajadores del astillero, tener más confianza en continuar con sus labores.

## V. DISCUSIÓN

La presente, tiene como principal objetivo el diseño de un sistema de puesta a tierra para implementar la protección de los pararrayos tradicionales.

Teniendo los resultados, podemos observar que los pararrayos tradicionales, no protegen en su totalidad el área de producción del Sima Iquitos, por lo que, mediante la presente tesis, diseñamos un sistema de puesta a tierra para complementar la protección en los varaderos de la empresa.

En el desarrollo del proyecto, hemos obtenido en campo las resistividades del suelo; se observó que es un suelo heterogéneo o de dos capas, siguiendo el método de Sunde, llegando a determinar el diseño de la malla, para luego obtener mediante el software Excel, la resistencia de malla igual a  $2.4\Omega$ . Teniendo la resistencia, minimizamos la resistencia con el cemento conductor ThorCem, resultando la resistencia fina de  $1.68\Omega$

(Gallego, Limonte, Valcarcel, & Mariño, 2014) en su trabajo teórico experimental, nos dice que un SPAT es una protección muy significativa ante descargas eléctricas, recomienda que todos los sistemas eléctricos deben estar aterrados, en consecuencia, con nuestro informe, el Sima Iquitos tiene un área no protegida, estando a la deriva de alguna descarga, en este caso, atmosférica; ya que los pararrayos que se tiene no cumplen con la protección de toda el área.

El ahora ingeniero eléctrico, (Crisostomo, 2014), nos indica que los conductores deben ser de cobre puro, ya que tiene la mejor conductividad eléctrica, y tiene un tiempo de vida de aprox. 40años, es por esta acotación que; nuestro diseño de puesta a tierra está diseñada con conductores de cobre desnudo, es costoso, pero tiene mejor y duradera utilidad.

(Crisostomo, 2014) y (Quispe & Gutierrez, 2018) desarrollaron su tesis de sistema de puesta a tierra implementando compuestos químicos como gel y cementos conductivos, para que la resistencia del terreno y por ende del SPAT sea un 70% menor a la inicial; este proceso de los mencionados, también lo implementamos en



este diseño de malla, para que la resistencia de un  $3.5\Omega$  de la malla, se reduzca un 70%, obteniendo una resistencia diseñada de  $2.45\Omega$ .

(Huete, 2008), nos dice que, en todo SPAT, debemos usar electrodos, ya que nos disminuye la resistencia; en nuestro diseño obviamos el electrodo, ya que, al implementarlo, la resistencia del terreno variaba y disminuía demasiado, es por ello que, no siempre en un SPAT debemos usar las varillas, ya que sería un costo innecesario si la resistencia de una malla está en los parámetros permitidos.

Según (VILLA & INGA, 2010), nos da hincapié de que antes de hacer las operaciones o cálculos, debemos determinar mediante la resistividad del terreno, si es un suelo homogéneo o un suelo de dos capas; en nuestro diseño determinamos la resistividad y obtuvimos un suelo heterogéneo, esto dando nuevas rutas de cálculos y determinando una adecuada resistencia de malla.

De los cálculos obtenidos en este diseño de malla, hemos observado que hay una ligera variación entre los cálculos a mano alzada y los cálculos por el software Excel, debemos tener en cuenta que, los softwares dedicados a estos diseños son de mayor precisión en los cálculos, pero también debemos saber que, para adquirir estos programas, nos resulta muy costosos.

## VI. CONCLUSIONES

Al desarrollar la presente tesis, en el capítulo de resultados hemos obtenido que diseñar un sistema de puesta a tierra en los varaderos del Sima Iquitos, ayuda significativamente a los pararrayos tradicionales que tiene la empresa en la protección de alguna descarga atmosférica.

1. En el astillero Sima Iquitos, se cuenta con tres pararrayos tradicionales, las cuales no cuenta con la protección completa del astillero, esto quiere decir que tienen una protección limitante y no cubre lo más importante de todo el astillero, que es el área de producción (los varaderos), ya que ellas son rieles en donde se hace trabajos de soldadura, calderería, etc. Al no tener protección estos varaderos, están expuesto a una descarga atmosférica (rayo), es por eso que, al implementar un sistema de puesta a tierra, mejorara significativamente la protección.
2. Al realizar nuestros ensayos de campo, obtuvimos que el terreno es un suelo húmedo, la cual nos dio como resultados una baja resistencia, porque como se sabe, la humedad tiene mejor conductividad que un terreno seco o de alta temperatura. Al hacer las pruebas de campo, obtenemos las resistividades de cada perfil para determinar si es un suelo homogéneo o de doble capa, en este caso resulto un suelo de doble capa o heterogéneo.
3. Los resultados de nuestros cálculos obtenidos en campo nos da como resultado una resistencia de malla de  $2.60\Omega$ , y comparando con los resultados obtenidos del software Excel, hay un mínimo porcentaje de variación. Este software nos ayuda a tener una mejor precisión teniendo en cuenta nuestros datos de campo, que, a su vez, nos simulara la protección que alcanzara nuestra malla a tierra cuando haya una descarga atmosférica de como máximo 200kA.
4. El software Excel, nos determina con mayor precisión la resistencia de malla:  $2.4\Omega$ ; la tensión de paso: 379.1V; tensión de contacto: 261.3V. Esto nos concluye que el sistema de puesta a tierra diseñada, está en los parámetros permitidos del código nacional de electricidad.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Para la ejecución de este proyecto, se recomienda:

1. Estudiar la conductividad eléctrica del terreno, teniendo en cuenta el clima y el tipo de suelo del que estamos proyectando.
2. Para determinar con exactitud la resistividad, es necesario utilizar el método de Wenner, ya que es más sencillo y tiene un mínimo error.
3. La elección del conductor debe estar basadas mediante tablas con una normativa estándar, que nos ayude a identificar rápidamente el tipo de cable a utilizar y tener una buena conductividad de cualquier descarga.
4. Es recomendable utilizar un tratamiento químico para el sistema de puesta a tierra, ya que ella nos ayudara a mejorar nuestra conductividad, reduciendo la resistencia de malla.
5. Instalar una caja de registro para los mantenimientos y verificaciones del sistema de puesta a tierra.

## REFERENCIAS

- BLITZPLANER, D. +. (2007). *MANUAL DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS*. MADRID: DEHN.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- CAPITAN, J. J. (2014). *PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCION*. ARGENTINA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOVA.
- Castillo, V. H., & Marquez, E. J. (2018). *Análisis comparativo de voltaje de paso y toque en mallas circulares y rectangulares mediante la implementación de un tanque electrolítico*. Guayaquil.
- CENTER, S. H. (s.f.). *SODIMAC*. Obtenido de WWW.SODIMAC.COM.PE
- CHACON, B. (2001). *CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL SUELO DE IQUITOS*. LIMA: Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Crisostomo, C. (2014). *Sistema de puesta a tierra menor a 2ohmnios para protección de equipos electronicos, contra descargas electricas, en entidades financieras*. Pampas.
- D'Arrigo, M. M. (2017). Retos climáticos de la ciudad de Iquitos en Perú. *Vol. XI- Edición especial 2017 - pp.198-218 - Eje 5: Efectos del cambio climático en los territorios* .
- ELECTRIC, A. (2010). *CONDUCTORES COBRE DESNUDO*. INDECO, 1-3.
- ETAP. (s.f.). *SOFTWARE PARA SISTEMA DE MALLA A TIERRA*. Obtenido de <https://etap.com/es/product/ground-grid-systems-software>
- FARROÑAL, J. C. (2021). *DISEÑO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA MEDIANTE LA NORMA IEEE-80 UTILIZANDO ETAP,ASPIX, Y EXCEL, PARA LA SUBESTACION DE DISTRIBUCION ELECTRICA DEL ESTADIO DE LA UNA-PUNO*. PUNO.
- Gallego, Y., Limonte, A., Valcarcel, A., & Mariño, A. (2014). *Modelación de sistemas de puesta a tierra para evaluación de sobretensiones transitorias*. La Habana-Cuba: Ingeniería Energética Vol. XXXV, 3/2014 p.183 - 192, Septiembre /Diciembre ISSN 1815 - 5901.
- ground, g. (2018). *cemento conductivo*. *Soluciones electricas*, 1.
- Hernandez, S., & Duana, D. (2020). *Tecnicas e instrumentos de recolección de datos*. *Boletín científico de las ciencias económicas administrativas del ICEA*, Vol. 9, No. 17. Pag. 51-53.

- HERRERA, J. A., & HERNANDEZ, O. C. (2003). CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA. *Scientia et Technica Año IX, No 22, Octubre 2003. UTP. ISSN 0122-1701* , 1-6.
- Huete, M. (2008). *SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN PARA SISTEMAS* . Guatemala.
- INDUSTRIAL, I. (24 de AGOSTO de 2018). *DIFERENCIA ENTRE PARARRAYOS PDC Y FRANKLIN*. Obtenido de <https://isaindustrial.com/2018/08/24/diferencias-entre-pararrayos-pdc-y-franklin/>
- INTEGRALES, I. Y. (2021). *ANGULO DE PROTECCION. CURSO 5. METODO DE CALCULO*. Obtenido de [https://www.youtube.com/watch?v=QEYLM9s\\_PoY](https://www.youtube.com/watch?v=QEYLM9s_PoY)
- Lalangui, D. (01 de Julio de 2021). *Emprendimiento contable Peru*. Obtenido de <https://www.emprendimientocontperu.com/poblacion-y-muestra-de-tesis/>
- LIGHTNING, E. (2019). PARARRAYOS. *APLICACIONES TECNOLOGICAS*, 1-3.
- MACHACA, R. W., & AQUINO, Y. R. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA DE LA UNA - PUNO*. PUNO.
- MANAGEMENT, T. F. (2020). *TFM*. Obtenido de <https://www.tfm.pe/noticias/que-son-los-pozos-a-tierra-y-cuantos-tipos-existen>
- MARTIARENA, R. (s.f.). *ITC BUSINESS GROUP*. Obtenido de <https://itc-businessgroup.com/>
- Max, A. (2020). Ac Max Solucion estrategica. *Resistividad electrica*, 1-5.
- MEDELLIN, E. P. (2008). *NORMAS TECNICAS: MEDIDA DE RESISTIVIDAD DE SUELO*. MEDELLIN: RA6-014.
- MEDELLÍN, E. P. (2019). *Norma Técnica: Mediciones para el sistema de*. Medellín: Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización.
- MEGABRAS. (s.f.). *MEGABRAS*. Obtenido de [WWW.MEGABRAS.COM](http://WWW.MEGABRAS.COM)
- OHM, J. (JUNIO de 2021). *Medición RESISTIVIDAD del SUELO - Método Wenner*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=3e6yjaDX00Q>
- Ortiz. (2018). *Tipo y diseño de investigacion*.
- OTERO, L. (28 de ENERO de 2014). *CUANTA ENERGIA DESCARGA UN RAYO*. Obtenido de <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/cuanta-energia-descarga-un-rayo-991390901895>
- para-rayos. (1984). para rayos. *thor gel*, 1-5.
- Promart. (s.f.). *Tienda Promart*. Obtenido de [www.promart.com.pe](http://www.promart.com.pe)

- Quispe, R., & Gutierrez, Y. (2018). *Diseño e implementación de diferentes sistemas de puesta a tierra para los laboratorios de ingeniería mecánica eléctrica de la UNA-Puno*. Puno.
- rayos, p. (1976). THOR CEM. *Ingeniería en protección eléctrica*, 1.
- Revista constructivo. (2021). *REVISTA CONSTRUCTIVO*. Obtenido de <https://constructivo.com/actualidad/sabes-para-que-funciona-el-sistema-de-puesta-a-tierra-1586264338>
- S.R.L, C. T. (2019). *INFORME TECNICO DE DESMONTAJE, CONSTRUCCION Y MONTAJE DE TORRES, INSTALACION DE PARARRAYOS Y SISTEMA DE TIERRA*. IQUITOS-LORETO.
- SIMAI. (2019). *INFORME TECNICO DE POZOS A TIERRA*. IQUITOS.
- Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Referencias estilo ISO 690 y 690-2*. Lima: Fondo Editorial UCV.
- VILLA, S. H., & INGA, L. (2010). *DISEÑO DE MALLA PUESTA A TIERRA (ZONA DE CANCHA COLEGIO DOMINGO COMIN)*. GUAYAQUIL.
- YAÑEZ, G. (s.f.). *ESPECIALISTAS EN REFRIGERACION*. Obtenido de <https://www.gildardoyanez.com/250-122-tamano-de-los-conductores-de-puesta-a-tierra-de-equipos/>

**ANEXOS:***Anexo1**Matriz de operacionalización de variable*

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>INDEPENDIENTE:</b> Sistema de puesta a tierra	El sistema de puesta a tierra es un mecanismo de protección ante una descarga eléctrica y atmosférica (Revista constructivo, 2021)	Protege de desviaciones eléctricas producidas por maniobra, fallas y descargas atmosféricas	Resistencia del sistema de puesta a tierra en Ohmios	-Razón
<b>DEPENDIENTE:</b> Protección eléctrica	La protección eléctrica se utiliza para no dañar a los	Evitará riesgos eléctricos y	Resistencia del sistema de	-Razón

	equipos conectados y mucho menos a las personas (Revista constructivo, 2021)	muerdes personal	al	puesta a tierra medidas en Ohmios	
--	--	------------------	----	-----------------------------------	--

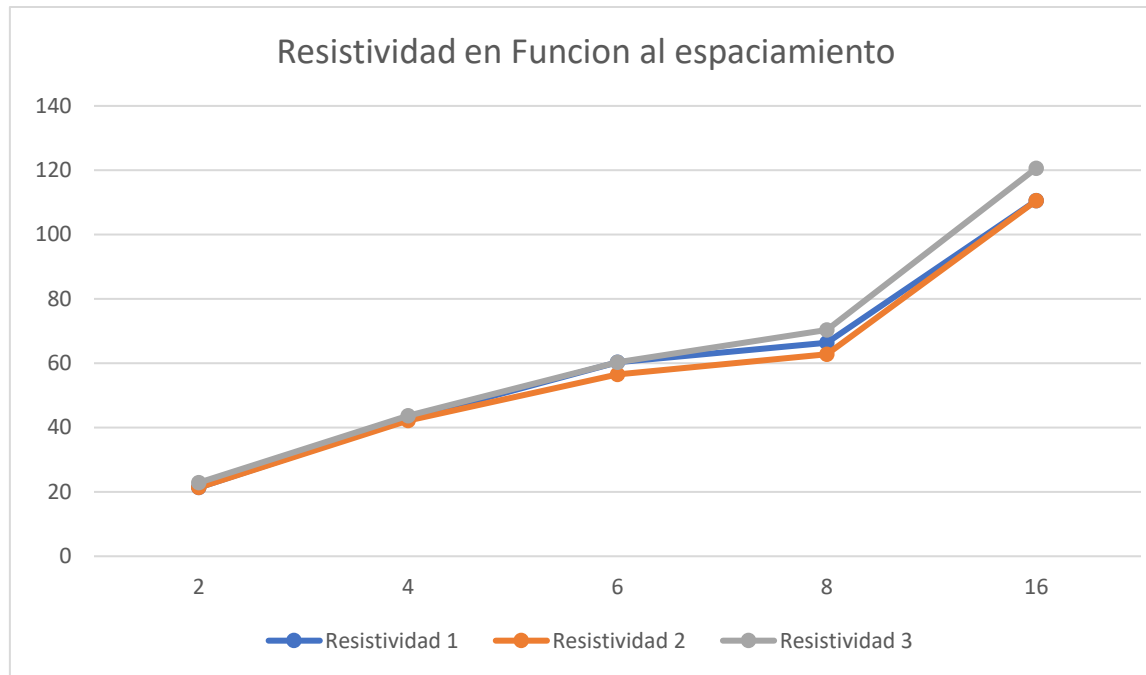


Anexo2: Tabla de conductores

CALIBRE	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	PESO	BLANDO	DURO		CAPACIDAD CORRIENTE (°)
					R.ELÉCTRICA	R. TRACCION	R. ELÉCTRICA	
mm <sup>2</sup>		mm	mm	Kg/Km	Ohm/Km	KN	Ohm/Km	A
6	7	1.04	3.1	53	3.02	2.4	3.14	77
10	7	1.35	4	90	1.79	4	1.87	106
16	7	1.69	5.1	143	1.13	6.3	1.17	141
25	7	2.13	6.4	226	0.713	9.9	0.741	188
35	7	2.51	7.5	314	0.514	13.6	0.534	229
50	19	1.77	8.9	424	0.380	18.8	0.395	277
70	19	2.13	10.6	613	0.263	26.9	0.273	348
95	19	2.51	12.5	851	0.189	36.9	0.197	425
120(°)	37 / 19	2.02 / 2.82	14.1	1074	0.150	46.7	0.156	495
150	37	2.24	15.7	1320	0.122	58	0.126	558
185	37	2.51	17.6	1657	0.0972	71.9	0.101	642
240	61	2.24	20.1	2176	0.074	95.6	0.0769	760

Fuente: (ELECTRIC, 2010)

Anexo3: Resistividad en los tres perfiles en función al espaciamiento



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Excel

ESPACIAMIENTO a(m)	RESISTIVIDAD Perfil 1	RESISTIVIDAD Perfil 2	RESISTIVIDAD Perfil 3	X=ln(ρ)			X=(ΣX)/n	DESVIACION ESTANDAR	Resistividad aparente ρ=e^(S+X)
2	21.36	21.36	22.87	3.06	3.06	3.13	3.08	0.04	22.73
4	42.73	42.22	43.73	3.75	3.74	3.78	3.76	0.02	43.66
6	60.32	56.55	60.32	4.10	4.04	4.10	4.08	0.04	61.28
8	66.35	62.83	70.37	4.19	4.14	4.25	4.20	0.06	70.32
6	110.58	110.58	120.64	4.71	4.71	4.79	4.73	0.05	119.70

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

Res  
apa  
%d  
de  
me  
426

### Anexo 5: Excel de sistema de puesta a tierra

JOSE LUIS LOPEZ VILCHEZ EXCEL MALLA [Modo de compatibilidad] - Ex... ALUMNO - RINA MARBELITH NOGUEIRA SINARAHUA AR

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

117

Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra			
Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"			
<b>DATOS DEL TERRENO</b>			
Lado Mayor de la Malla	m		7.5
Lado Menor de la Malla	m		7.5
Resistividad de la 1ª Capa $\rho_1$ (si se modelan 2 capas de suelo)	$\Omega.m$		23
Resistividad de la 2ª Capa $\rho_2$ (si se modelan 2 capas de suelo)	$\Omega.m$		120.00
Espesor de la 1ª Capa $H$ (si se modelan 2 capas de suelo)	m		2.00
Resistividad equivalente del terreno $\rho$	$\Omega.m$		23.0
Resistividad Capa Superficial $\rho_s$	$\Omega.m$		120
Espesor Capa Superficial $h_s$	m		2.00
Area de la Malla $A$	$m^2$		56.25
Profundidad de la Malla $h$	m		0.7
<b>DATOS DE CONEXION</b>			
Tiempo de Despeje de la Falla $t_f$	seg		0.50
Temperatura Máxima de Operación	$^{\circ}C$		450
Temperatura Ambiente	$^{\circ}C$		40
<b>DATOS DE CORRIENTE DE FALLA Y DE LA LINEA DE TRANSMISION DE AT DE ENTRADA</b>			
Corriente de Falla a Tierra $I_f$ Lado AT	A		200000
Corriente de Falla a Tierra $I_f$ Lado BT	A		200000
Relación X/R del Sistema	-		10
Factor de Decremento $D_f$	-		1.026
Corriente de Diseño de los Conductores (Lado de Mayor $I_f$ )	A		205237

Por Favor Seleccione el Tipo Conexión en su

UNION EXOTERMICA

UNION COMPRESION

VOLVER MENU PRINCIPAL IMPRIMIR DATOS

Menu Principal **Datos** Conductor y Reticula Tensiones de Toque y Paso

Anexo 4:

JOSE LUIS LOPEZ VILCHEZ EXCEL MALLA [Modo de compatibilidad] - Ex... ALUMNO - RINA MARBELITH NOGUEIRA SINARAHUA

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

R21

Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra							
Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"							
CALCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA							
6	Corriente de Diseño de los Conductores	A	205237				
7	Sección Transversal Requerida del Conducto	mm <sup>2</sup>	107.22				
8	Temperatura Máxima de Operación	°C	450				
9	Temperatura Ambiente	°C	40				
10	Tiempo de Despeje de la Falla $t_f$	seg	0.50				
Calibre del Conductor	Area		Nº Hilos	Diámetro de Cada Hilo	Diámetro Exterior	Peso Aproximado	
	kcmil	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	
15	1/0	105.6	53.49	7	3.12	9.35	485
16	2/0	133.1	67.43	7	3.5	10.5	611
17	3/0	167.8	85.01	7	3.93	11.8	771
18	4/0	211.6	107.22	7	4.42	13.3	972
19	250	250	127	12	3.67	15.2	1149
20	300	300	152	12	4.02	16.7	1378
21	350	350	177	12	4.34	18	1610
22	400	400	203	19	3.69	18.5	1838
23	450	450	228	19	3.91	19.6	2067
24	500	500	253	19	4.12	20.6	2297
25	550	550	279	37	3.1	21.7	2527
26	600	600	304	37	3.23	22.6	2757
27	650	650	329	37	3.37	23.6	2986
28	700	700	355	37	3.49	24.4	3216
29	750	750	380	37	3.62	25.3	3446

Menu Principal Datos **Conductor y Reticula** Tensiones de Toque y Paso

Anexo 5:

JOSE LUIS LOPEZ VILCHEZ EXCEL MALLA [Modo de compatibilidad] - Ex... ALUMNO - RINA MARBELITH NOGUEIRA SINARAHUA AR

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

J11

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	<b>Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra</b>									
2	<b>Basado en la norma IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"</b>									
3										
4	<b>TENSIONES TOLERABLES</b>									
5	Tensión de Toque Tolerable $E_{touch}$	V	Emtol	261.3	<input type="radio"/> CRITERIO 50 kg		<i>Por Favor Seleccione el Criterio de Diseño</i>			
6	Tensión de Paso Tolerable $E_{step}$	V	Estol	379.1	<input type="radio"/> CRITERIO 70 kg					
7										
8	Factor de Reflexión $K$	-	k	-0.68	<b>Nota:</b> Se recomienda dimensionar según el criterio de 70 kg.					
9	Factor de Reducción del Terreno $C_s$	-	Cs	0.98						
10										
11										
12	<input type="radio"/> Sin Jabalinas	<input type="radio"/> Sólo Jabalinas Dentro de la Malla	<input type="radio"/> Con Jabalinas en el Perímetro y con o sin Jabalinas Dentro de la Malla				<i>Por Favor Seleccione el Tipo de Arreglo</i>			
13										
14	<b>Nota:</b> Si se colocan sólo jabalinas en las esquinas y con o sin jabalinas dentro de la malla, seleccione el tercer tipo de arreglo: jabalinas en el perímetro.									
15										
16	<b>RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA*</b>									
17										
18	Resistencia de Puesta a Tierra $R_q (52)$	$\Omega$	2.436	<b>Ud. seleccionó un arreglo con jabalinas:</b> Por favor coloque todos los datos de las jabalinas -->		<b>JABALINAS</b>				
19			Número de Jabalinas $n_R$	-	4					
20			Diámetro de las Jabalinas $2.b$	pulg	0.7500					
21			Longitud de cada Jabalinas $L_r$	m	2.44					
22			Longitud total de todas las Jabalinas $LR$		9.76					
23										

Menu Principal Datos Conductor y Reticula **Tensiones de Toque y Paso**

## Anexo 6: Características Geotécnicas Del Suelo De Iquitos, Perú

← → ↻ jorgealvahurtado.com/files/labgeo06\_a.pdf 🔍 📄 ☆ 🖨️ J ⋮

☰ **Caract-Geotec-Suelo-Iquitos.doc** 2 / 17 | - 93% + | 📄 🔍 🖨️ ⋮

### 2.0 GEOLOGIA

En la ciudad de Iquitos los sedimentos predominantes son arena fina y arcilla. No se observa en la zona afloramientos rocosos, ni sedimentos del tipo de agregados gruesos. En la secuencia estratigráfica de la región se reconoce que los estratos se adelgazan y aumentan de potencia y los entrecruzamientos son frecuentes. Estas manifestaciones en los estratos muestran oscilaciones de un ambiente continental inestable, donde las oscilaciones han sido variables y el relieve deposicional algo irregular.

La estratigrafía de la zona de Iquitos ha sido estudiada en detalle por Ruegg y Rozenzweig entre 1946 y 1948. En el año 1967, Martínez Vargas realizó investigaciones de los sedimentos de Iquitos. En 1973 Iberico y Plenge realizaron una investigación geológica en base a observaciones en el ribera y a las perforaciones efectuadas por LAGESA para la firma GRUCI. Iberico y Plenge dedujeron un perfil estratigráfico típico de la zona. De todos los estudios indicados, se pueden resumir las características geológicas del área en estudio.

- Sedimentos del Holoceno o Cuaternario reciente, constituidos por los últimos sedimentos de tipo arcilloso o arcilloso arenoso, de colores rojizos a pardos debido al fenómeno de laterización, con una potencia de 6 metros.
- Sedimentos del Pleistoceno o Cuaternario antiguo, constituidos por arenas cremas y blancas de granulometría fina, con algunas intercalaciones de arena media. Estas arenas proceden de la desintegración de las "Areniscas Azúcar" de edad Senónica

INFORME DE CALIBRACION DE TELUROMETRO DIGITAL

Fecha	20/10/2021	Hora Prueba	10:25-11:55 AM
-------	------------	-------------	----------------

I. DATOS DE USUARIO

Nombre	SERVICIOS INDUSTRIALES DE LA MARINA- SIMA IQUITOS
Dirección	Av. La Marina N° 1079 Puchana Iquitos

II. DATOS DEL INSTRUMENTO A CALIBRAR

Instrumento	TELUROMETRO DIGITAL		Procedencia		Brasil		
Marca	MEGABRAS	Modelo	MTD 20 kWe	Serie	OG40871	Clase	2

III. OBSERVACIONES

Lugar/Área de Mantenimiento SIMA Dirección: Av. La Marina N° 1079 Puchana-Iquitos
--

IV. RESULTADO DE PRUEBAS REALIZADAS:

Rango	R (Ω)	Error (%)	Rango	R (Ω)	Error (%)	Rango	R (Ω)	Error (%)
20 Ω	1.0	-1.67	200 Ω	10	-1.28	2000 Ω	100	-1.15
	2.5	-1.57		25	-1.13		250	-0.92
	5	-1.31		50	-0.81		500	-0.72
	10	-0.77		100	-0.59		1000	-0.58
	20	-0.62		200	-0.53		2000	-0.21

Rango	R (KΩ)	Error (%)	Tensión	V (ac)	Error (%)
20.0 KΩ	1.0	0.64	Vac	40	0.43
	2.5	0.72		80	0.21
	5	0.51		120	-0.36
	10	0.32		160	-0.29
	20	0.45		200	-0.49

V. CONCLUSIONES

<p>Conclusión: <b>INSTRUMENTO CONFORME</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Los resultados verifican que el instrumento trabaja dentro los márgenes permitidos por su clase de precisión</li> <li>Las pruebas se realizaron a temperatura aprox. 21 °C</li> <li>Los valores presentados son resultado del promedio de 04 lecturas realizadas</li> <li>Las Pruebas se ejecutaron de acuerdo nuestro procedimiento PROC-MAN-001-2013 ver 001 para la calibración y/o verificación de instrumentos de medición de parámetros eléctricos.</li> </ul>
--

VI. EQUIPOS USADOS EN LA VERIFICACIÓN:

Instrumentos	Serie	Certificado de Calibración	Clase	Procedimiento
Multímetro digital FLUKE 189	86850089	LE-880-2021	0.2	PROC-MAN-001-2020 ver 001
Comparación directa e indirecta de parámetro				

VII. RESPONSABLES

Técnico Acreditado: ÁNGEL HUAPALLA VÁSQUEZ	Ingeniero Acreditado: JOSÉ ANTONIO RIVAS DOMÍNGUEZ
--	--

  
 Ángel Huapalla Vásquez  
 DNI: 11425996  
 CONTRASTADOR AUTORIZADO

  
 José Rivas Domínguez  
 DNI: 0719666  
 CONTRASTADOR AUTORIZADO



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA  
TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Lima, 15 de junio del 2022

Apellido y nombres del experto: CHERRES CASTAÑEDA, BRIAN

DNI: 70498428

Teléfono: 921244314

Título/grados: Ingeniero Industrial C.I.P: 247083

Cargo e institución en que labora: Jefe del taller de construcciones y reparaciones navales del SIMA Iquitos

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO.

	ITEM	APRECIA		OBSERVACIONES
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recolección de datos está formulado con lenguaje apropiado y comprensible?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos guarda relación con el título de la investigación?	x		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la(s) variable(s) de estudio?	x		
5	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se desprenden con cada uno de los indicadores?	x		
6	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se sostienen en antecedentes relacionados con el tema y en un marco teórico?	x		
7	¿el diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y el procesamiento de los datos?	x		
8	¿El instrumento de recolección de datos tiene una presentación ordenada?	x		
9	¿El instrumento guarda relación con el avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad?	x		

SUGERENCIAS: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

SIMA IQUITOS S.R. Ltda.

Ingo. Brian CHERRES Castañeda  
 Jefe Taller de Const. y Reparac. Navales

FIRMA DEL EXPERTO