



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

“Diagnóstico y mejora del sistema de protección de puesta a tierra del
campus de la Universidad César Vallejo – Trujillo”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

AUTOR:

Galarreta Rivas Johnny Joel

ASESOR:

Castro Anticona Walter

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

TRUJILLO – PERÚ

2018

PAGINAS PRELIMINARES

“Diagnóstico y mejora del sistema de protección de puesta a tierra del campus de la
Universidad César Vallejo – Trujillo”

Galarreta Rivas Johnny Joel

Presentada en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César
Vallejo de Trujillo para su aprobación.

Ing. Julca Verástegui Luis Alberto
Presidente

Ing. Sánchez Huertas Carlos Enrique
Secretario

Ing. Castro Anticona Walter Miguel
Secretario

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Johnny Galarreta y Betty Rivas, quienes son mi aliento constante para seguir siempre adelante.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de mi tesis principalmente a Dios, quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza a seguir adelante

A mis padres por quienes me enseñaron el valor de luchar día a día por conseguir nuestros sueños

PRESENTACIÓN

El estudio se titula “Diagnóstico y propuesta de mejora del sistema de puesta a tierra del campus de la Universidad César Vallejo – Trujillo para protección de equipos y usuarios”

Esta tesis busca ampliar y enriquecer los conocimientos previamente dados en el estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica y al mismo tiempo, concientizar sobre la importancia del sistema de seguridad eléctricos, incentivando al lector a la investigación de normas dadas y estudios previos sobre la instalación del sistema de seguridad de los Pozos a Tierra.

RESUMEN

El presente estudio da a conocer el estado actual del sistema de protección de Puesta a Tierra en la Universidad César Vallejo - Trujillo, para saber si está en condiciones óptimas, necesita cumplir con un conjunto de normas, términos dados por el Código Nacional de Electricidad y normas técnicas vigentes para brindar una protección adecuada a los equipos eléctricos que están operando y evitar los riesgos electrocución.

Para que los Pozos a Tierra cumplan con las normas anteriormente señaladas deben tener un valor mínimo de resistividad, 5 ohm en centros de cómputo, 4 ohm en ascensores y según sea la derivación, que se da con una buena instalación las cuales se suman a propiedades del suelo, humedad, calidad del cobre, etc.

Además, se recomienda implementar un Sistema de Puesta a Tierra exclusivo para los sistemas de cómputo.

Se recogieron los datos de cada Pozo a Tierra mediante el método de Wenner, haciendo uso de un Telurómetro, elaborando una ficha de observación, obteniendo, cuáles son los Pozos a Tierra en buen estado, los que necesitan mantenimiento y los cuales se deben volver a instalar.

De los 54 pozos existentes se tomó la medida de 35 de ellos de las cuales se revisó y comparó con las normas, las cuales la minoría cumplían con estas, 20 están operativos dentro de aquí 10 cumplen con las normas y 10 necesitan bajar su resistividad; los restantes 15 no tienen funcionalidad.

También se propuso un sistema de protección de puesta a tierra a los sistemas de cómputos ya que como los equipos electrónicos son más sensibles, es necesario mejorar su integridad.

Luego se propuso como mejorarlos y que estén a la par los las normas anteriormente mencionadas, haciendo un presupuesto estimado de valoración.

Palabras Claves: Resistividad, Puesta a Tierra, Sistema de Protección

ABSTRACT

The present study reveals the current status of the earthing protection system at the César Vallejo - Trujillo University, to know if it is in optimal conditions, it needs to comply with a set of standards, terms given by the National Electricity Code and current technical standards to provide adequate protection to electrical equipment that are operating and avoid electrocution risks.

In order for the Earth Wells to comply with the aforementioned standards, they must have a minimum resistivity value, 5 ohms in computing centers, 4 ohms in elevators and depending on the derivation, which is given with a good installation, which are added to properties soil, humidity, copper quality, etc. In addition, it is recommended to implement an exclusive Grounding System for computer systems.

The data of each Well to Earth was collected by means of the method of Wenner, making use of a Teluometer, elaborating an observation sheet, obtaining, which are the wells to Earth in good condition, those that need maintenance and which must be returned to install. Of the 54 existing wells, the measure was taken of 35 of them, which were reviewed and compared with the standards, which the minority complied with, 20 are operational within 10, comply with the standards and 10 need to lower their resistivity; the remaining 15 do not have functionality.

A protection system for grounding the computer systems was also proposed since, as electronic equipment is more sensitive, it is necessary to improve its integrity.

Then it was proposed how to improve them and that they are on a par with the aforementioned standards, making an estimated estimate budget.

Keywords: Resistivity, Grounding, Protection System

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	11
1.1	Realidad Problemática.....	11
1.2	Trabajos Previos	13
1.2.1	Trabajos Previos Nacionales	13
1.2.2	Trabajos previos internacionales	14
1.3	Teorías relacionadas al tema	15
1.3.1	Consecuencias de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.....	15
1.3.2	Conceptos generales de un sistema a Puesta a Tierra.....	16
1.3.3	Configuración geométrica de las puestas a tierra	21
1.3.4	Resistividad del terreno	22
1.3.5	Resistividad de las tomas a tierra	25
1.3.6	Medida de la resistividad eléctrica del Terreno.....	25
1.3.7	Medida de la resistencia de una Puesta a Tierra	27
1.3.8	Diferencia ente Neutro y Conexión a Tierra	28
1.3.9	Resistencia Máxima de la toma de Tierra	29
1.3.10	Número de Electroodos	29
1.3.11	Conductores de Puesta a Tierra	30
1.3.12	Métodos para la reducción de la resistencia eléctrica.....	30
1.3.13	Mantenimiento de pozos a tierra	33
1.3.15	Cemento Conductivo	35
1.3.16	Mallas a tierra	36
1.3.17	Curvas de Orellana	37
1.4	Formulación del problema.....	39
1.5	Justificación del estudio	39
1.5.1	Tecnológica	39

1.5.2 Medioambiental	39
1.5.3 Económica	40
1.6 Hipótesis	40
1.7 Objetivos.....	40
1.7.1 Objetivo General.....	40
1.7.2 Objetivos Específicos	40
II. METODO	42
2.1 Diseño de la investigación.....	42
2.2 Variables.....	43
Por su función.....	43
2.2.1 Operacionalización de las Variables.....	43
2.3 Población y Muestra	45
Población	45
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	46
2.5 Métodos de análisis de datos	46
2.6 Aspectos éticos	47
III.- Resultados	48
3.1 Ubicación de los sistemas de Puesta a Tierra y evaluación externa.....	48
3.1.1 Medidas de resistividad del terreno	49
3.1.2 Curvas de Orellana	50
3.2 Evaluación del estado interno del sistema a Puesta a Tierra	51
3.2.1 Pozos a Tierra Operativos.....	52
3.2.2 Pozos a Tierra Inoperativos	60
3.3 Elaboración del plano actualizado	63
3.4 Propuesta de mantenimiento al sistema de Puesta a Tierra	63
3.4.1 Propuesta de mantenimiento en Pozos a Tierra en buen estado y Pozos a Tierra a proponer	64
3.4.2 Propuesta en Pozos a Tierra que requieren mantenimiento.....	64

3.4.3 Propuesta en Pozos a Tierra inoperativos.....	66
3.4.4 Propuesta en los Pozos a Tierra nuevos, a instalarse y a proponer	68
3.5 Propuesta económica de la mejora al sistema de Puesta a Tierra para que cumpla con las normas actuales	71
3.5.1 Propuesta económica de Pozos a Tierra a instalarse	71
3.5.2 Propuesta económica a Pozos a Tierra existentes	72
3.5.3 Propuesta económica por mantenimiento anual	73
3.6 Sistema de Puesta a Tierra independiente para centros de cómputo	73
3.6.1 Cálculo del Conductor	74
3.6 Propuesta económica del sistema de Puesta a Tierra independiente para centros de cómputo	76
IV.- Discusión.....	78
V.- Conclusiones	80
VI.- Recomendaciones.....	81
VII.-Referencias	82
Referencias Bibliográficas.....	82
VIII.-Anexos.....	84
8.1 Artículos Código Nacional de Electricidad	84
8.2 Mediciones de Puestas a Tierra	86
8.3 Características de los equipos utilizados y certificados	92
8.3 Mediciones de la Resistividad del Terreno.....	102

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

En la actualidad, donde la sociedad en general, no importa si es nacional o internacional es dependiente de la energía eléctrica, en donde existen diversidad de artefactos que día a día funcionan con esta u otra manera de corriente eléctrica. Se fundaron muchos métodos de seguridad para evitar accidentes y pérdidas económicas.

Desde que contamos con la electricidad como la conocemos, se ha utilizado los sistemas de protección de Puesta a Tierra, puesto que ésta suministra una vía de retorno para las diversas corrientes indebidas, que nace porque existe un desperfecto en el circuito eléctrico. Además de la seguridad en la operación de los diversos dispositivos, la Puesta a Tierra brinda diversos efectos positivos en la seguridad de las personas, como la certeza de trabajar en un ambiente propio y con las características de seguridad marcadas por la ley. (Regla 060-000 *anexos I*)

La sociedad cuenta con escuelas, hospitales, estadios, universidades, parques, supermercados y hasta nuestras casas, todos cuentan con equipos electrónicos. Estos equipos producen (cuando existe una falla) corrientes no deseadas, tales como corriente de Foucault, conocida como corrientes parasitas o corrientes tornillo provocando el paso de corriente a las personas (electrocución), que los equipos sufran deterioros, acortando su tiempo de vida, para evitar todo esto existe protecciones tales como las mallas a tierra o Pozos a Tierra

Esta medida de protección, en los equipos hospitalarios es de vital importancia para el bienestar del paciente como de los doctores, además cuidando la integridad de los equipos que mayormente son muy costosos. En la industria es fundamental para cuidar las máquinas, ya que la falla de estos sería una pérdida económica muy importante y el costo de un mantenimiento innecesario si se toma todas las normas para desviar la energía a tierra. En el hogar todos los aparatos eléctricos con carcasa metálica como la lavadora, el lavavajillas o el microondas deben conectarse a la Puesta a Tierra.

Es fundamental tener una correcta instalación del sistema de puesta a tierra, no obstante, la ignorancia, el descuido y muchas veces el ahorro hacen que la mayoría de estas

instituciones o hasta nosotros mismos no hagamos un correcto uso de esta protección en nuestras instalaciones eléctricas.

En toda instalación eléctrica se implementa este sistema, en nuestro centro de estudios es fundamental y necesario brindar seguridad a los estudiantes, profesores y personal en general, también protegiendo la integridad de los diversos equipos que debe tener un centro de estudios, no obstante, con el paso de los años el sistema cae en rendimiento, sino se da un correcto mantenimiento, el clima, la humedad del suelo y la corrosión son algunos de los factores que hacen decaer el rendimiento de este sistema de seguridad tan importante.

La Universidad César Vallejo es una de las más importantes y más grandes del Perú, con 26 años de existencia desde su fundación en 1992 en la ciudad de Trujillo, sede principal, la cual es la más longeva, por ende, sus instalaciones eléctricas son las más antiguas. Para salvaguardar los equipos y la vida de las personas por riesgos de electrocución, existe la toma a tierra, la cual, ya cuenta la universidad, pero el paso del tiempo, la extensión del campus, la mayor carga que soporta, entre otras causas, hacen necesario realizar un estudio sobre tan importante sistema de seguridad.

El presente trabajo propone estudiar, analizar y mejorar el sistema de puesta a tierra de la Universidad César Vallejo de Trujillo, obedeciendo el Código Nacional de Electricidad y las normas vigentes, dando un mejor sistema eléctrico y mayor protección a los diversos equipos.

El problema de la universidad nace especialmente porque no hay registro de mantenimiento en los pozos, el plano de estos está desactualizado ya que ha sido modificado en estructuras y en otros casos movimiento de otras, esto ha generado un desconocimiento de la ubicación de algunos pozos e impedimento de otros por futuros remodelamientos.

La presente tesis propondrá solucionar todos estos inconvenientes en el sistema, dando un estudio apropiado y proponiendo una solución para que cumpla con lo requerido.

1.2 Trabajos Previos

1.2.1 Trabajos Previos Nacionales

1. Crisóstomo Pérez, Carlos (2014) - “SISTEMA PUESTA A TIERRA MENOR A 02 OHMIOS PARA PROTECCIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS, CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS EN ENTIDADES FINANCIERAS” esta tesis experimenta principalmente la fabricación de un diseño, que consta sobre un sistema de Puesta a Tierra, busca una resistividad por debajo de los dos ohmios, con esto ofrecer un amparo a los consumidores y equipos electrónicos más delicados contra posibles descargas y/o sobrecargas eléctricas que pueden existir en algunos bancos. Obteniendo al final la instalación de un sistema de Pozos a Tierra, que se efectuó en la entidad de "San Hilarión" en la Caja Piura CMAC PIURA, consiguió un valor de 1.78 ohmios de impedancia del sistema de Pozos a Tierra. Este dato, consiguió señalar que un Pozo a Tierra puede llegar a tener una resistividad menor a 2 ohmios. Sus conclusiones una disminución considerable de la resistencia de un Pozo a Tierra radican principalmente en la humedad del suelo, también que el uso de tratamientos químicos como el Thor Gel es muy beneficioso para la reducción de la resistencia y que actúa mejor en Pozos a Tierra verticales.
2. Yanque Tomasevich, Mirko Mashenko (2006)- “DISEÑO DE REDES DE PUESTA A TIERRA EN SUBESTACIONES DE CORRIENTE ALTERNA” en esta investigación se propone un diseño de Puesta a Tierra para una subestación, alcanzando a concluir que debe existir una baja resistividad alrededor del electrodo enterrado , lo cual proporcionará un aumento de la capacidad de dispersión de la red de Puesta a Tierra y reducir considerablemente la resistencia de dispersión además de que el electrodo se recomienda que su composición sea de cobre, este resistirá mucho el deterioro, exclusivamente en casos de que las tierras sean nitrogenadas, tierras de cultivo y uso de fertilizantes para las plantas, esto acelerará la degradación del metal, aumentando la resistividad.
3. Qqueshuayllo Cancha, Wilbert (2005) - “DISEÑO Y EJECUCIÓN DE UNA PUESTA A TIERRA DE BAJA RESISTENCIA” en este trabajo se describe y da

a entender los principios físicos, donde el terreno llega a resultar un óptimo conductor de corriente eléctrica. La investigación del esparcimiento que tiene la corriente eléctrica mediante de un electrodo empotrado internamente al suelo, el método de la caída de potencial también como se establece la resistividad del suelo por diversos métodos, el más conocido es el de Wenner.

Las conclusiones ayudan bastante a la presente tesis, debido a lo que investigamos en ciertos Pozos a Tierra es disminuir la resistividad, este valor es primordial para una correcta instalación de una Puesta a Tierra. Lo importante también es certificarse que los electrodos a medir posean un óptimo contacto con el suelo, se recomienda para mejorar regar la zona.

1.2.2 Trabajos previos internacionales

1. Daza Guzmán, Rafael (2012) - “DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD DE LA COSTA APLICANDO LAS REGLAMENTACIONES VIGENTES” – Este trabajo implementa a la Universidad de la Costa un sistema de protección de Puesta a Tierra para que certifique la seguridad de los individuos y equipos, ante cualquier tipo de fallo eléctrico, se propuso el diseño más óptimo tomando en cuenta las referencias, normas y estándares actuales que puedan garantizar una correcta metodología para llevarlo a cabo.
2. Hernández Morales Luis Adolfo (2009) – “SISTEMA DE TIERRAS PARA EQUIPO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO” En el caso de un sistema de cómputo, el uso de malla es la más favorable si lo observamos desde el aspecto técnico, pero no es muy rentable económicamente debido a la necesidad de una cantidad mayor de electrodos de Puesta a Tierra, más el conductor para su unión equipotencial y lógicamente mayor demanda de recursos de construcción y de conexión, así como conectores soldables, o de cimentación, etc.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Consecuencias de la corriente eléctrica en el cuerpo humano

Para poder entender mejor como actúa la corriente eléctrica en nuestro organismo y cómo reacciona a este, debemos conocer tres componentes que tiene un circuito eléctrico.

1.3.1.1 Componentes de la corriente eléctrica

1.3.1.1.1 La tensión

Llamada también diferencia de potencial y más coloquialmente voltaje, es la potencia de la corriente, suponiendo que habláramos de hidráulica es la presión del líquido, la tensión se mide internacionalmente en “Voltios (V)”

1.3.1.1.2 La intensidad

Es la cantidad de corriente eléctrica que atraviesa por un conductor por un determinado tiempo, llevándolo al campo de la hidráulica sería el caudal del líquido, la intensidad se mide en “Amperios(A)”

1.3.1.1.3 La resistencia

Se denomina al grado de dificultad que ofrece un objeto al paso de corriente eléctrica, su unidad es el ohmio (Ω)

Las tres magnitudes no son independientes unas con otras, se relacionan entre sí con la ley de ohm:

$$V = I \cdot R$$

Luego de conocer los componentes que intervienen en un circuito eléctrico, podemos entender de una manera más clara como puede afectar al cuerpo humano.

EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA ALTERNA (50 - 60 Hz)		
INTENSIDAD (mA)	DURACIÓN	EFECTOS
0 - 0,5	Independiente	Umbral de percepción. No provoca ninguna sensación. Sin consecuencias
0,5 - 10	Independiente	Cosquilleos, calambres y movimientos musculares reflejos
10 - 15	Independiente	Umbral de no soltar
15 - 25	Minutos	Contracción brazos y piernas. Dificultad de respiración. Aumento de la tensión arterial. Límite de tolerancia
25 - 50	Segundos a minutos	Irregularidades cardíacas. Aumento de la tensión arterial. Fuerte efecto de tetanización. Inconsciencia. Inicio fibrilación ventricular
50 - 200	Menos de un ciclo cardíaco	No se produce fibrilación ventricular. Fuertes contracciones musculares
	Más de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. Inicio electrocución independiente de la fase del ciclo cardíaco
200 - 1000	Menos de un ciclo cardíaco	Fibrilación ventricular. Inconsciencia. Marcas visibles. Inicio electrocución dependiente de la fase del ciclo cardíaco. Iniciación solo en la fase sensitiva
	Más de un ciclo cardíaco	Paro cardíaco reversible. Inconsciencia; marcas visibles. Quemaduras. Alto riesgo de muerte
1 - 5 Amperios	Independiente	Quemaduras muy graves. Parada cardíaca con elevada probabilidad de muerte

LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD. El/la autor/ra del artículo ha preparado esta tabla con los valores, efectos y consecuencias generalmente aceptados por los especialistas. No obstante, se hace constar expresamente que los datos se facilitan exclusivamente a efectos informativos y pueden diferir de los registrados en casos reales concretos. Por ello, **el autor/autora NO ASUME NINGUNA RESPONSABILIDAD SOBRE EL USO DE DICHA TABLA.**

1.3.2 Conceptos generales de un sistema a Puesta a Tierra

El Pozo a Tierra, hilo a tierra o toma tierra es un sistema de seguridad que está incluida en las instalaciones eléctricas, radica en conducir o drenar accidentales desvíos de corriente hacia el terreno, evitando que el usuario se ponga en contacto con la electricidad. Este desvío se da por medio de una barra metálica enterrada en el suelo conocido como, electrodo o jabalina que según norma del Código Nacional Electricidad en la sección 060-000(anexos 2). Esta debe brindar poca resistencia y se conecta a toda la instalación mediante un conductor aislante. (Porto, y otros, 2015)

Este sistema protege de diversas corrientes peligrosas, las que se pueden presentar en dos asuntos, por empalmes indirectos o por corrientes estáticas acumuladas. Los dos asuntos

se consideran contactos indirectos, hay corriente donde no correspondería de tener, pero expongamos estos dos asuntos detalladamente.

Cuando se observa sobre un circuito eléctrico común o estándar, la corriente sigue su recorrido a través del conductor de fase, línea energizada o línea viva hasta cualquier aparato que requiera electricidad, por ejemplo, una lavadora, y retorna por el otro conductor denominado neutro.

En ese periodo de paso de corriente, el conductor se topa con cualquier imperfecto en su aislamiento (cable pelado), además choca o llega a contactar con una zona metálica de un artefacto, por un supuesto, una refrigeradora o una lavadora, la corriente del conductor podría desviarse por la zona metálica si alguien la toca, es decir, la zona metálica pasa a estar bajo tensión o corriente. Si cualquiera la toca, brinda a la corriente la vía más corta y con baja resistencia para desviarse, produciéndose una descarga a través del individuo.

1.3.2.1 Composición de una instalación de Puesta a Tierra

- **Electrodo empotrado en tierra:** Estructura metálica interconectado a otras piezas metálicas que cumplen con la misma función, enterrarlas en el terreno y con ello ponerlo en contacto eléctrico con el mismo (o encajadas en concreto que esté en contacto con la tierra en una gran superficie) encargada de concentrar las corrientes de fuga que procedan de la instalación o de descargas eléctricas.

- **Línea de Enlace con Tierra:** Están hechas por conductores que nacerán desde el inicio de la Puesta a Tierra y las cuales serán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

- **Conductores de Tierra:** Tienen la función de unir eléctricamente los cuerpos de una instalación a dichos cuerpos, con el propósito de certificar una protección que se puede dar por contactos indirectos. Por ejemplo en un circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas (enchufes) a la línea de enlace o principal de tierra.

- **Borne Principal de Puesta a Tierra:** El borne primordial de tierra es una barra metálica, empotrada a cualquier parte fija o en el suelo a través de tornillos, a la cual se le conectan los demás de conductores por medio de bornes. Se pueden incluir bornes de puesta a tierra secundario constituyendo así puntos de unión entre los conductores de toma de tierra y el borne principal de Puesta a Tierra. (M.Sebastian, y otros, 2012)

Como se observa en la figura 1.0, todos los componentes que formar una instalación de puesta a tierra, tienen una función específica, estos requieren un cuidado y revisión periódica, puesto que la mayoría están al aire libre, exponiéndolos a las condiciones ambientales, las cuales los deterioran y empobrecen sus propiedades con el paso del tiempo, para evitar esto, se utilizan una lista de materiales que se dedican a proteger la integridad de estos componentes, los cuales veremos su función, el valor monetario de estos, viendo sus ventajas, desventajas y evaluando cual resulta más factible económicamente y técnicamente.

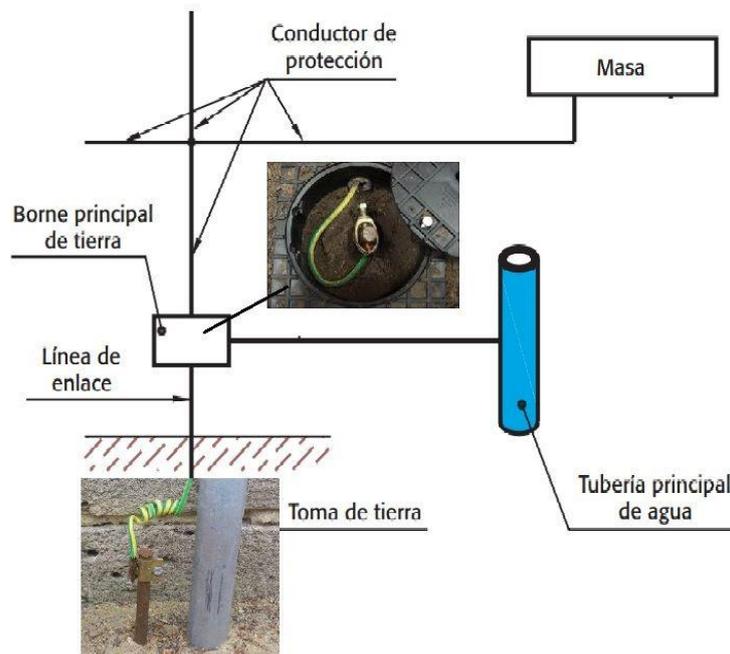


Figura 1.0

Las resistencias de Puesta a Tierra se pueden dividir en tres componentes:

- La resistencia del conductor conectado al sistema de Puesta a Tierra, que es función de su resistividad, longitud y sección.

- La resistencia de que se da entre el contacto de la superficie, el electrodo y el suelo, esta medida la mayoría de veces es poco, depende mucho del estado del electrodo, si está libre de pintura o grasa, esto se suprime verificando un buen contacto entre el electrodo y tierra.
- La resistencia de la tierra alrededor del electrodo, que es la resistencia principal que influirá en la resistencia total de la puesta a tierra.

1.3.2.2 Sistema de Puesta a Tierra para centros de computo

Es primordial proteger los equipos más sensibles y delicados, como las computadoras o aparatos electrónicos, para esto es preciso poder conseguir una equipotencialidad ideal, o la más adecuada para evitar el nacimiento de potenciales inducidos, ayudando así a la seguridad del personal y equipo.

(HUAYANE, 2013) Muchos de los expertos en protección eléctrica, tenían la idea que era más conveniente conservar los sistemas de Puesta a Tierra independientes, para evitar uniones no deseables en las redes. La idea era el uso de una tierra única y equipotencial, esto con la unión de todas las partes metálicas al sistema, por inducción de otras tierras cercanas, estructuras o partes metálicas al momento de un evento electromagnético.

La equipotencialidad garantiza que todos los objetos conductores, no electrificados existan a un igual nivel de potencial, conservando así un paralelismo de seguridad requerido y solicitado para el personal y equipos de trabajo.

Sin una equipotencialidad ventajoso, los sistemas de protección no trabajan apropiadamente.

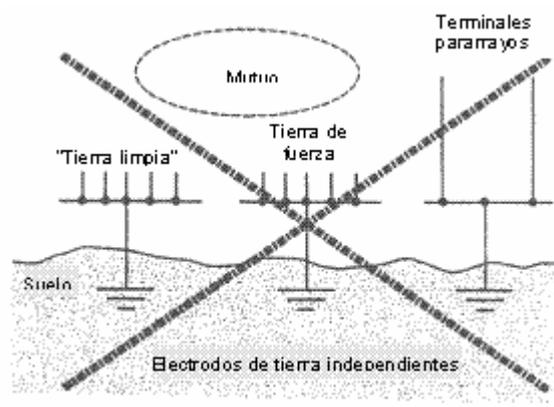


Figura 1.1 Tierras separadas

Como se observa en la figura 1.1 está el concepto errado de una red de Puesta a Tierra limpia, porque el electrodo no se conecta con otros electrodos a tierra, este procedimiento no es conveniente para una compatibilidad electromagnética (por sus siglas en ingles EMC) y pone en riesgo la seguridad de la instalación.

Para solucionar dicho problema también se tomó la alternativa de unir las tierras en la masa, quedando un solo electrodo a tierra.

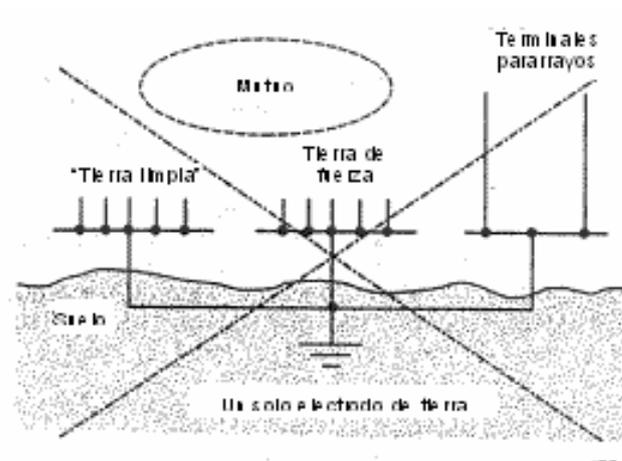


Figura 1.2 Una sola tierra

Como se observa en la figura 1.2 los sistemas antes de llegar a la Puesta a Tierra son independientes, unirlos se realizó para conseguir una buena equipotencialidad. En la actualidad ya no se realiza esta instalación ya que está comprobado que no brinda una buena equipotencialidad.

Para resumir, se han probado muchas maneras de interconectar los sistemas buscando la más óptima, esta es la siguiente.

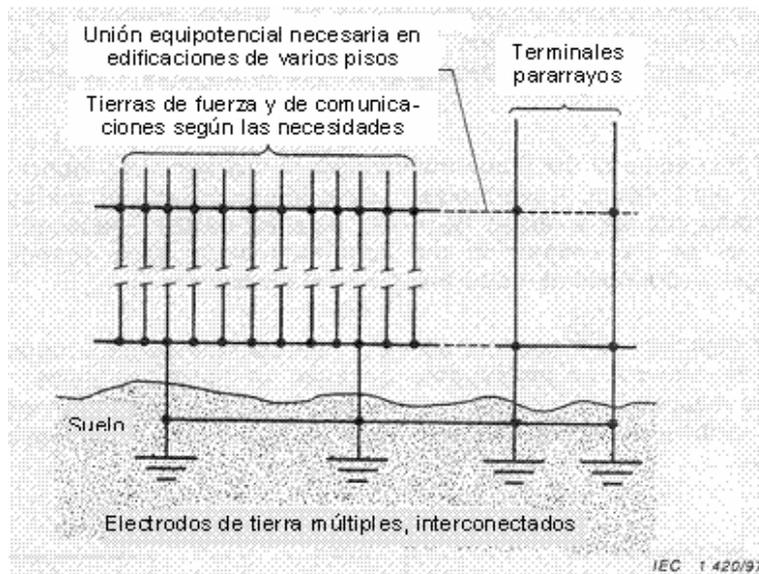
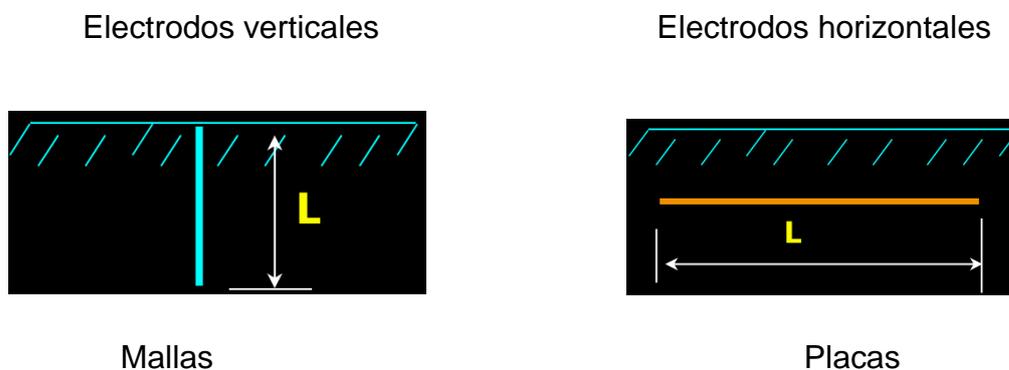


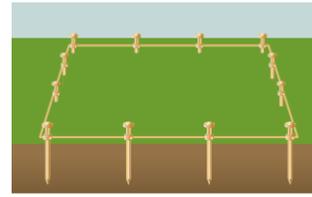
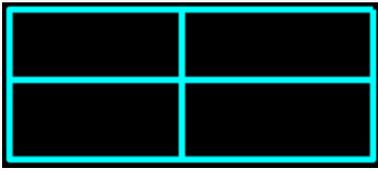
Figura 1.3 Tierra única y equipotencialidad

(HUAYANE, 2013) Con la presencia de más de un electrodo de tierra, se recomienda que estos estén interconectados entre sí, a esta unión de electrodos se le denomina “única referencia de tierra”, cuya finalidad es proporcionar un potencial de las tierras baja que en todo caso suban conjuntamente.

Las normas presentes nos conllevan que para conseguir una mayor equipotencialidad se debe contar con una única tierra que sirva para todos los fines, además de una equipotencialidad por niveles, no por sistemas.

1.3.3 Configuración geométrica de las puestas a tierra





Electrodos de puesta a tierra múltiples conectados

(Osinermin, 2015)

1.3.4 Resistividad del terreno

(POMALAYA TACURI, 2013) El componente más importante de la resistencia de tierra es la resistividad del suelo, siendo una propiedad muy importante de este.

La resistividad se define por la medida de dificultad que la corriente eléctrica topa a su paso, pero de igual manera se considera la facilidad al paso, resultando así, el concepto de, Conductividad, que indicado numéricamente es el inverso a la resistividad y se formula en siemens/metro de modo que:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (1)$$

(Tomasevich, 2006) El suelo es una mezcla de piedras, gases, agua y otros elementos orgánicos e inorgánicos. Esta mixtura hace que la resistividad del suelo, aparte de depender de su composición interna, penda de otros componentes externos como:

- Condición de los suelos.
- La humedad.
- La temperatura del terreno.
- La concentración de sales disueltas.
- La compactación del terreno.
- La estratificación del terreno.

Estas distintas condiciones pueden provocar que un mismo terreno presente resistividades diferentes con el tiempo (Tabla 1.1, 1.2 y 1.3).

Variación de la resistividad con la temperatura

Tabla 1.1: Terreno arcillo-arenoso con 15% de humedad

$^{\circ}C$	20	10	0 (agua)	0 (hielo)	- 5	- 15
$(\Omega\text{-}m)$	75	100	138	300	790	3300

Tabla 1.1

Variación de la resistividad debido a la humedad

Tabla 1.2: Terreno arcillo-arenoso a 10°C

$\% \text{ agua}$	2,5	5	10	15	20	30
$(\Omega\text{-}m)$	1500	430	185	105	63	42

Tabla 1.2

Variación de la resistividad con el contenido de sales

1.3.3.1 Consecuencias de la humedad y sales disueltas en la resistividad del terreno

La consecuencia de la resistencia por la labor de la humedad y las sales disueltas nos exige a mantener presente convenientes coeficientes para la determinación de la resistencia que debemos fijar a los electrodos, con el propósito de una eficiente labor en las instalaciones a tierra. Se podría anular el factor de temperatura, para no perturbará tanto la influencia de la humedad en el terreno.

Otro origen de la incertidumbre en la comprensión de la resistencia de un terreno es el cambio de los intervalos de esta magnitud, es muy cambiante, se ve mucha más variación cuando se mide la magnitud (ohm-m) en capas superficiales y cuando se efectúa en capas más profundas, también se observa cambio, cuando se utiliza electrodo cilíndrico de distinta naturaleza y resistividad.

Tabla 1.3: Terreno arcillo-arenoso con 15% de humedad a 10°C

<i>% sales</i>	0	0.10	1	5	10	20
$(\Omega -m)$	107	18	4.6	1.9	1.3	1

Tabla 1.3

Otra variable que se debe considerar en la resistividad es el carácter geológico del terreno.

En la Tabla 1.4 se muestran los valores para la diversidad de suelos estudiados, donde se puede apreciar que la resistividad del terreno toma valores muy distintos, dependiendo fundamentalmente del prototipo de terreno de donde se trate.

Naturaleza del Terreno	Resistividad (Ω-m)
Terreno pantanoso	30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla Plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Rocas de mica y cuarzo	800
Caliza blanda	100 a 300
Granito y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granito y gres muy alterados	100 a 600
Terrenos cultivables y fértiles	50

Tabla 1.4

1.3.5 Resistividad de las tomas a tierra

(Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005) Las medidas de resistividad y resistencia son totalmente diferentes. La resistividad eléctrica medida por “ Ω ” del suelo, da a entender la dificultad que encuentra la corriente a su paso por este mismo. De la misma forma se puede precisar que la conductividad, es la facilidad que encuentra la corriente eléctrica para atravesarlo. La resistencia eléctrica viene dada por la resistividad del terreno y su geometría. Al tomar el terreno como un conductor rectilíneo y homogéneo de sección “S” y longitud L, su resistencia eléctrica y resistividad son:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2)$$

Donde:

R=Resistencia en ohm(Ω)

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m)

L= Longitud de electrodo (m)

A= Área de la semiesfera Equivalente

(M.Sebastian, y otros, 2012)

1.3.6 Medida de la resistividad eléctrica del Terreno

1.3.6.1 Método de Frank Wenner o de los 4 electrodos

(Leon)Este método, consiste en la aplicación del principio de caída potencial, donde se toman cuatro electrodos (A, P1, P2 y B), ubicados sobre una línea recta, separados a igual distancia “a” entre ellos (Fig. 2.1).

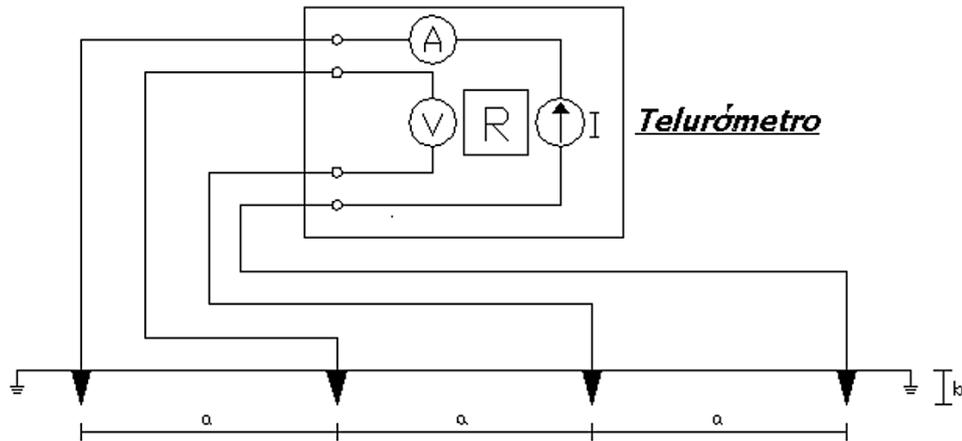


Fig. 2.1 Método de Wenner

Se toman cuatro electrodos y se entierran en el terreno preferiblemente en línea recta a una profundidad “b”, y separados a una distancia “a”. La tensión entre estos dos terminales interiores (o de potencial) es inmediatamente medido y dividido por la corriente que pasa por los dos terminales exteriores (o de corriente) para arrojar un valor de la resistencia R, que se indica en la pantalla del telurómetro. Luego ese valor se reemplaza en la siguiente fórmula:

$$\rho_a = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (3)$$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente del suelo (Ω -m).

R = Resistencia medida en Ω (Por el telurómetro).

a = Distancia entre electrodos adyacentes en m.

b = Profundidad de los electrodos en m.

Si $b < a$, como es el caso más común:

$$\rho_a = 2\pi \frac{V}{I} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right)^{-1} = 2\pi \frac{Va}{I} = 2\pi Ra \quad (4)$$

1.3.6.2 Método de Schlumberger

(Leon) En este método los cuatro electrodos se ubican sobre una línea recta y la distancia de los electrodos detectores de potencia P1 y P2 que permanecen fijos, es mucho menor que los electrodos inyectorores de corriente A y B, que son los que se trasladan (Fig. 2.2).

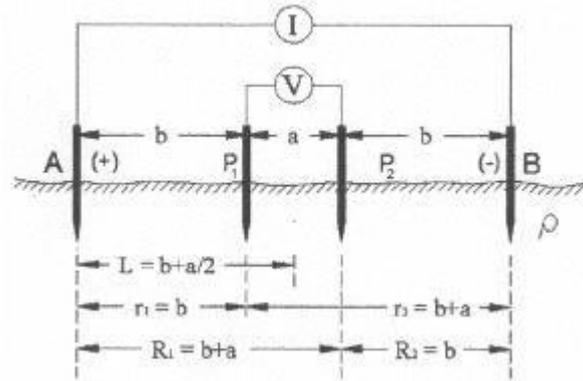


Fig. 2.2 Método de Schlumberger

Siendo su resistividad:

$$r = 2\rho \frac{V}{I} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{b+a} - \frac{1}{b+a} + \frac{1}{a} \right)^{-1} = 4\rho R \frac{b(b+a)}{a} \quad (5)$$

1.3.7 Medida de la resistencia de una Puesta a Tierra

(Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005) Es una comprobación de la cantidad de deyección y dispersión de la corriente eléctrica en el terreno, medido en una puesta a tierra desconectada; los cálculos de toman a través de un Telurómetro portátil de tres o cuatro bornes (Fig. 2.3). Se brinda corriente a través del electrodo de la puesta a tierra A y se mide el incremento de potencial por el electrodo auxiliar de potencia P2, medido ya el valor de la tensión y la corriente, se sabe ya la resistencia de la puesta a tierra.

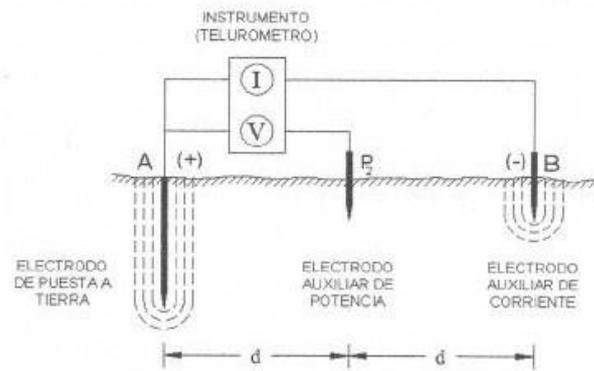


Fig. 2.3 Medida de la resistencia de una puesta a tierra

Una de la manera más exacta de conocer la resistencia a tierra, es instalando el electrodo auxiliar de potencia P2 a una distancia “d” (igual al doble de la longitud del electrodo A) y a una distancia “2d” al electrodo auxiliar de corriente B con respecto al electrodo de puesta a tierra A, en línea recta, para que el electrodo P2 esté fuera de las áreas de resistencia del electrodo A y B

1.3.8 Diferencia ente Neutro y Conexión a Tierra

(HUAYANE, 2013) Una falla habitual en la conexión de cualquier equipo, o en la transmisión de corriente en un conductor, es la confusión entre tierra y neutro. Aunque a fin de cuentas ambos terminan conectados en algún punto a tierra, la finalidad de cada uno de ellas es muy diferente. El cable conductor de neutro es el responsable de la transmisión de corriente y el conductor de tierra es una seguridad fundamental de los equipos contra el shock eléctrico. Visualizarlos como si fueran unos mismo y que cumplieran la misma función, sería invalidar la seguridad de tierra contra el shock eléctrico.

En un supuesto caso que se tome el neutro y tierra como el mismo objeto, cuando el cable conductor de tierra se corte o interrumpa, la carcasa de los equipos que estén conectados a esta “tierraneutro” tendrá el potencial de la línea y entonces toda persona o ser que tenga relación con ello estará expuesta a una descarga eléctrica.

1.3.9 Resistencia Máxima de la toma de Tierra

No hay ningún intervalo de resistencia de tierra estándar que se haya reconocido de manera equitativa por parte de todas las agencias normativas. No obstante, la NFPA y el IEEE recomiendan un valor de resistencia de tierra de 5,0 ohmios o menos.

Además, existe bastante confusión y desconcierto con respecto a lo que constituye una buena Puesta a Tierra y cuál debe ser el valor de su resistencia. Idealmente, debe tener una resistencia de cero ohmios.

(POMALAYA TACURI, 2013)El Cogido Nacional de Electricidad (Regla 060-712 Anexos) dicta que solo un electrodo, en caso de viviendas, con resistencia que sobrepase los 25 ohmios debe utilizarse otros métodos de Puesta a Tierra para que cumplan con esta regla.

No obstante, de acuerdo con experiencias, recomendaciones y los manuales de fabricantes se tienen valores límenes que deben tomarse en consideración en una instalación.

Para un Sistema de Computo	1-5 ohm
Para Ascensores	1-4 ohm
Para Subestaciones	1-3 ohm

Tabla 1.5

(Osinermin, 2015)

Además, todos los Pozos a Tierra en centros urbanos por norma 0.17.B. (*ver anexos*) deben tener una resistencia máxima de 6 ohmios, es decir los pozos que estén independientes y no constituyan los 3 casos anteriores no deben pasar ese número.

1.3.10 Número de Electrodo

(Rojas, 2006) En la mayoría de los casos un solo electrodo resulta suficiente para conseguir valores de resistencia admisibles no superiores a 25 ohm, pero en instalaciones grandes donde no solo se deban proteger equipos básicos, sino equipos más delicados el umbral de resistividad baja considerablemente a 10 ohm, o 5 ohm, o meno según sea el

caso, esto obliga a incrementar su número de electrodos. Los electrodos deben estar a una distancia de separación mínima de 3 m entre sí y dentro de lo preferencia en línea recta, empalmándose a través de un cable de conexión común de cobre calibre 3 AWG. La unión de este cable conductor con el de la toma de tierra se hará a través de un conector o de soldadura exotérmica preferiblemente, conectando ambos conductores.

1.3.11 Conductores de Puesta a Tierra

(Peruana, 1999)El conductor en la mayoría de casos es cobre. Este debe contar con una resistencia alta a la corrosión y a otros elementos que puedan degradarlo, que cumpla con los requisitos que exista en una instalación y debe estar adecuadamente protegido. El conductor puede ser sólido, cableado, aislado, cubierto o desnudo.

Los conductores deben cumplir con las características técnicas indicadas en la NTP 370.048, tanto para el aislamiento como para el material.

1.3.12 Métodos para la reducción de la resistencia eléctrica

1.3.12.1 Ampliación del número de electrodos en paralelo

(Para Rayos SAC)Cuando se instalan una gran cantidad electrodos en paralelo, se puede asegurar que baja la resistencia. No obstante, es perjudicial que los electrodos empotrados estén colocados muy cerca uno de otro, puesto que cada electrodo afecta la impedancia del circuito. Por eso se encomienda que la distancia de separación entre puestas a tierra debe ser por lo menos el doble de la medida del electrodo (Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005)

1.3.12.2 Aumento del diámetro del electrodo

Al incrementar el diámetro del electrodo de Puesta a Tierra, ayuda muy poco en disminuir la resistencia. Por ejemplo, se puede duplicar el diámetro de un electrodo de puesta a tierra, pero la resistencia solo disminuiría un 10 %

(Para Rayos SAC) La resistencia de un electrodo de sección circular se reduce al incrementarse su diámetro, no obstante, tiene un valor límite en el que ya no es recomendable aumentarlo debido a que el valor de la resistencia del terreno permanece prácticamente constante.

Para un electrodo de 5/8" (1.6 cm) de diámetro, se pretende aumentar su conductancia, se puede agregar helicoidales de cable 1/0 AWG, cuyo diámetro de espiras tendrá un diámetro de 18 cm, y la separación entre éstas sea de 20 cm, lográndose una reducción de 30% de la resistencia; es decir, el diámetro del electrodo creció de 1.6 cm (5/8") a 18 cm, lo que equivaldría a utilizar un electrodo de 7". (Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005)

1.3.12.3 Aumento de la longitud de penetración del electrodo

(Para Rayos SAC) Acrecentando la distancia de enterramiento del electrodo en el terreno, se puede conseguir llegar a capas más profundas, en el que se puede llegar a tener una resistividad muy baja, esto se da si el terreno presenta una mayor cantidad de humedad o al inverso una resistividad muy alta, si el terreno es rocoso y pedregoso, que las encontrada en las capas superficiales. (Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005)

1.3.12.4 Tratamiento químico electrolítico del terreno de los pozos

(Para Rayos SAC) El tratamiento químico al suelo surge como un método para mejorar y disminuir la resistividad del terreno, sin la necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos, siendo más factible económicamente. Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia de un Pozo a Tierra.

Este método químico a utilizarse en el mantenimiento de los pozos según estos requiera, básicamente porque está recomendado en el Código Nacional de Electricidad en el artículo 036.D. (anexos)

Este método químico a utilizarse en el mantenimiento de los pozos según estos requiera, básicamente porque está recomendado en el Código Nacional de Electricidad en el artículo 036.D. (anexos)

- Las sales puras (cloruro de sodio) no actúan como un buen electrolítico en estado seco, por lo que se le incorpora carbón vegetal con el fin de que este sirviera como absorbente de las sales disueltas y de la humedad
- Las bentonitas molidas son combinados minerales arcillosas, que contienen las moléculas de agua, pero esta propiedad se pierde con demasiada velocidad comparada con la de la absorción, esto se debe al incremento de la temperatura ambiente. Cuando ya está perdida el agua, también pierden conductividad y restan compactación, lo que conlleva a una pérdida de buen estado de contacto entre electrodo y el terreno, por ende, se eleva la resistencia del pozo a tierra a primera vista. Una vez que la bentonita ya ha operado, su propiedad de poder absorber nuevamente agua es aproximadamente nula.
- El Thor-gel se define por un compuesto químico que se puede formar cuando se mezclan dos componentes en el terreno, dando una solución acuosa. Esta solución acuosa resultante, tiene una estructura coloidal, y es específico para un tratamiento químico electrolítico de puestas a tierra, este componente se usa principalmente porque brinda muy buenos resultados, ya que posee sales concentradas de metales que llegan a neutralizar la corrosión de algunas sales dadas por el suelo, como también proporciona algunos aditivos para normalizar el PH y acidez de los suelos.

También posee otro beneficio que al combinarse con el terreno se puede observar un compuesto gelatinoso, este ofrece mantener una estabilidad química y eléctrica por un intervalo de tiempo de casi 4 años. Es un método de aplicación que consiste en agregar al pozo a tierra los electrolitos que, aglutinados bajo la forma de un Gel, optimicen la conductibilidad eléctrica de la tierra, y puedan retener la humedad en el pozo, por un período extenso. De esta manera se certifica una positiva reducción de la resistencia eléctrica, y una estabilidad la cual no esté

afectada por algunos cambios climáticos (Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005)

1.3.13 Mantenimiento de pozos a tierra

(iJSAC INGENIERIA ELECTRICA , 2017) Un mantenimiento para Pozos a Tierra, es una serie de procesos que ayudan para recobrar sus condiciones óptimas, para que pueda ofrecer la menor resistencia al paso de la corriente eléctrica, de falla o desfogue, esto quiere decir que, el ohmiaje que tuvo al momento de instalarlo.

Lo explicaremos con un ejemplo simple, una Puesta a Tierra al momento de su instalación llegó a 7 ohm, esta medida inmediatamente luego de fabricarlo, pero por efecto del tiempo, las condiciones del terreno, etc. El mismo Pozo a Tierra obtiene como resultado un ohmiaje mayor, por ejemplo, 18 ohm, por el valor que da, se entiende que se ha degradado, el dato inicial ya no puede recuperarse por un mantenimiento simple, es decir, si efectuamos el mantenimiento del Pozo a Tierra, el valor de ohmiaje llegará por ejemplo, a 8 ohmios, es decir, no se recuperó el valor inicial pero si se disminuyó considerablemente de 17 ohm a 8 ohm, siendo un buen resultado del mantenimiento al Pozo a Tierra aplicado.

El mantenimiento de Pozos a Tierra son una necesidad habitual, puesto que la protección de las personas y la integridad de las máquinas siempre deben estar a un máximo de rendimiento, puesto que de lo contrario podría afectar la integridad de las personas y perjudicar el funcionamiento de los equipos electrónicos delicados.

En las inspecciones que da INDECI y en el informe de observaciones eléctricas que formulan los inspectores de este ente, regularmente recomiendan la presentación del protocolo de pruebas del Pozos a Tierra con una antigüedad no mayor de 8 meses.

Por la conveniencia del beneficiario se pueden realizar mantenimientos con un periodo de tiempo más corto, según el estado de preservación de los componentes del Pozo a Tierra, la humedad del terreno y su PH, el factor de salinidad y la corrosión. (Ingeniería, 2013)

1.3.14 Soldadura Exotérmica

El problema más relevante en un sistema a Puesta a Tierra es el aumento de la resistencia al contacto, en la mayoría por empalmes defectuosos, tanto entre los mismos conductores, entre conductores y barras o entre conductores y la superficie.

(Rojas, 2006) El incremento de la resistencia por estos empalmes aumenta visiblemente en pocos meses 4 o 5, en un 50% o a veces más, debido a las sulfataciones que se producen por el paso de corriente a través de estos empalmes. Para solucionar estos problemas de conexiones se han investigado distintas soluciones, siendo la mejor en muchos aspectos la soldadura exotérmica, con muchísimas ventajas que veremos más a continuación.

1.3.14.1 Ventajas de la soldadura Exotérmica

1.3.14.1.1 Ventajas económicas

- Menores precios en la indumentaria para realizar una conexión exotérmica en comparación para otras conexiones.
- Proben mayor seguridad por ende menos de supervisión.
- No necesitan de un mantenimiento asociado al bajo costo del material utilizado.
- Los materiales manipulados para la ejecución de una conexión poseen una durabilidad igual o mayor comparándolos con materiales conectados.

1.3.14.1.2 Ventajas Técnicas

- Una conexión exotérmica posee una cabida de conducción de corriente mayor o igual a los conductores que la integran.
- No se dañan cuando se causan altas irrupciones o picos de corriente.
- Difícilmente se desbaratan, sufren muy poco por la corrosión en la parte de la soldadura, independientemente del ambiente en que se pueden encontrar.
- Permanece fija en todo momento es decir que es imposible aflojarla o desajustarla debido a que es una unión molecular permanente.
- Son duraderas debido a que se sueldan, consiguiendo que no se deterioren con el tiempo.

1.3.14.1.3 Desventajas de la Soldadura Exotérmica

Más se ve reflejado por el extenso proceso que se necesita y el tiempo que ocasiona, también que las condiciones del clima y la humedad, que pueden intervenir negativamente en el área de trabajo.

Las desventajas que se encuentran en el método son:

- El factor del clima afecta considerablemente en la realización del proceso y pueden suspender el trabajo durante un periodo de tiempo.
- El calor formado durante la reacción demanda una inspección adecuada debido a los riesgos propios de sí, asegurando la seguridad para el personal.
- La materia prima debe almacenarse en lugares secos, puesto que son delicados y se pueden estropear por la humedad o por calor.

1.3.15 Cemento Conductivo

(Electro Castillo, 2017) Es un polvo suave, higroscópico conductor, tiene la propiedad de retener una gran parte de la humedad del suelo que lo rodea, luego lo consolida hasta que esta es una y se hace parte del electrodo a tierra. Mantiene su estructura como mortero en su área circundante, también disminuye y fija la resistencia del medio, además también protege a los electrodos de las condiciones ambientales en especial de los efectos corrosivos; sin perjudicar el medio ambiente.



Fig. 2.4 Cemento Conductivo adherido a una barra

Como se puede observar en la figura 2.4, el cemento conductivo se instala alrededor de la barra de cobre, protegiéndola y creándose la capa de cemento que la rodeo completamente, con esto se evita la corrosión y otros factores que afectan la integridad de la barra a tierra.

1.3.16 Mallas a tierra

(HERRERA, y otros, 2003) Es una forma de instalar un sistema de puesta a tierra, consiste en la unión de varias barras de cobre mediante otro conductor de cobre con el fin de bajar considerablemente la resistencia del sistema.

1.3.16.1 Selección del conductor de la Malla

Para calcular la sección del conductor se aplica la siguiente ecuación:

$$A_c = \left(\frac{33t}{\log \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

En donde:

A_c = Sección del conductor (CM).

I = Corriente máxima de falla (Amp.)

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

T_a = Temperatura ambiente (°C).

t = Tiempo máximo de despeje de la falla (seg).

1.3.17 Curvas de Orellana

Son una familia de curvas obtenidas a partir de la resistividad del terreno, estas dan una idea más concreta de la calidad geo eléctrica que tiene el suelo, además es un método comparativo de las diferentes capas o estratos que puede llegar a tener un tipo determinado de terreno y según esto se puede calcular con mucha más precisión la resistividad a mucha más profundidad.

Las curvas en general son un modelo matemático, es decir, que las diferentes resistividades encontradas en los diferentes estratos en un determinado terreno se modelo tomando como ejes la distancia entre los electrodos, medido por el método de Wenner o el de Schlumberger, este sería el eje “x”; las diferentes resistividades ordenadas de menor a mayores medidas en ohm-m, sería el eje “y”.

En la figura 2.5 se muestra dos curvas una proyectándose al infinito y otra hacia la resistividad 0, esta grafica se compara con la curva obtenida por diferentes mediciones del terreno.

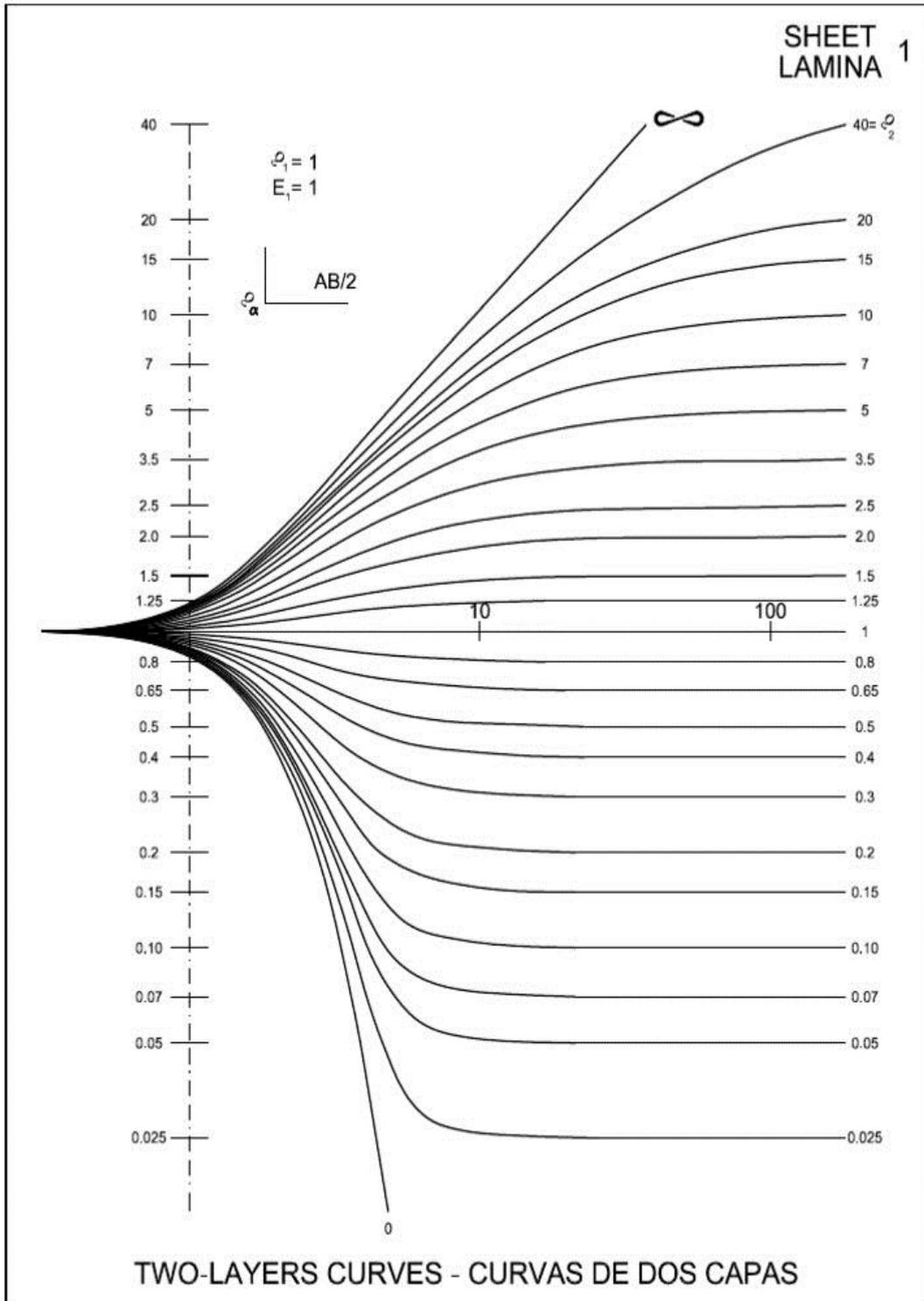


Fig. 2.5 Curva de dos estratos de Orellana

1.4 Formulación del problema

¿En qué medida un diagnóstico general del sistema de protección de puesta a tierra permitirá que cumplan las normas establecidas y asegura la integridad de los diversos equipos electrónicos y la seguridad de los usuarios en la Universidad César Vallejo-Trujillo 2018?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Tecnológica

La elaboración de un proyecto de estudio de un sistema de seguridad, tan importante como es el de pozos a tierra brindará abundante información para saber el estado actual de estos y saber si están en correctamente elaborados y diseñados, además si la resistividad del suelo cumple con los requisitos requeridos y en qué manera mejorarlos.

Para la universidad es muy importante puesto que brindará datos sobre la realidad de este sistema, donde existen fallas y que ámbito están bien, estos datos ayudarán a un mantenimiento y garantizará la seguridad, tanto como para el personal, para los estudiantes y también para los diversos equipos, computadoras, etc. Además, también de cumplir con las normas eléctricas establecidas por el Código Nacional de Electricidad, la Universidad César Vallejo enseña electricidad en muchos de sus cursos y debe dar el ejemplo.

1.5.2 Medioambiental

El Sistema de Puestas a Tierra no contamina, porque su prioridad es proteger a las personas y a los equipos de voltajes o cargas atmosféricas, muchos de su suministro de materiales como el Thor Gel o cemento conductor solo ayuda a minimizar la resistencia de la tierra y la barra de cobre solo es enterrada en el suelo por ende no da indicios de que contamina el medio ambiente (Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene, 2005)

Asimismo, el presente proyecto ayudará a evitar compras innecesarias de equipos eléctricos y electrónicos, dados de baja por fallas de corrientes basura y sobretensiones, que la instalación de Puestas a Tierra evitaría, por ende, ayudaría a minimizar los equipos dañados que a largo plazo serían reemplazados por nuevos, haciendo chatarra, que no son 100% reciclables (desechos o chatarra electrónica) por ese motivo ayudará al medio ambiente.

1.5.3 Económica

El proyecto tiene como una de sus finalidades mejorar al máximo el sistema de seguridad del sistema de Pozos a Tierra, por ende, este mejorará la seguridad de los equipos involucrados, minimizando las sobre tensiones a estos, evitando su deterioro y ayudando a alargar su tiempo de vida útil de los sistemas eléctricos, economizando gastos.

1.6 Hipótesis

El diagnóstico del sistema brindará información actualizada para ofrecer la recomendación más apropiada para la mejora de protección de los Pozos a Tierra del campus de la Universidad César Vallejo – Trujillo.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

- Realizar un diagnóstico del estado actual del sistema de Puesta a Tierra que permita elaborar una propuesta de mejora del campus de la Universidad César Vallejo-Trujillo.

1.7.2 Objetivos Específicos

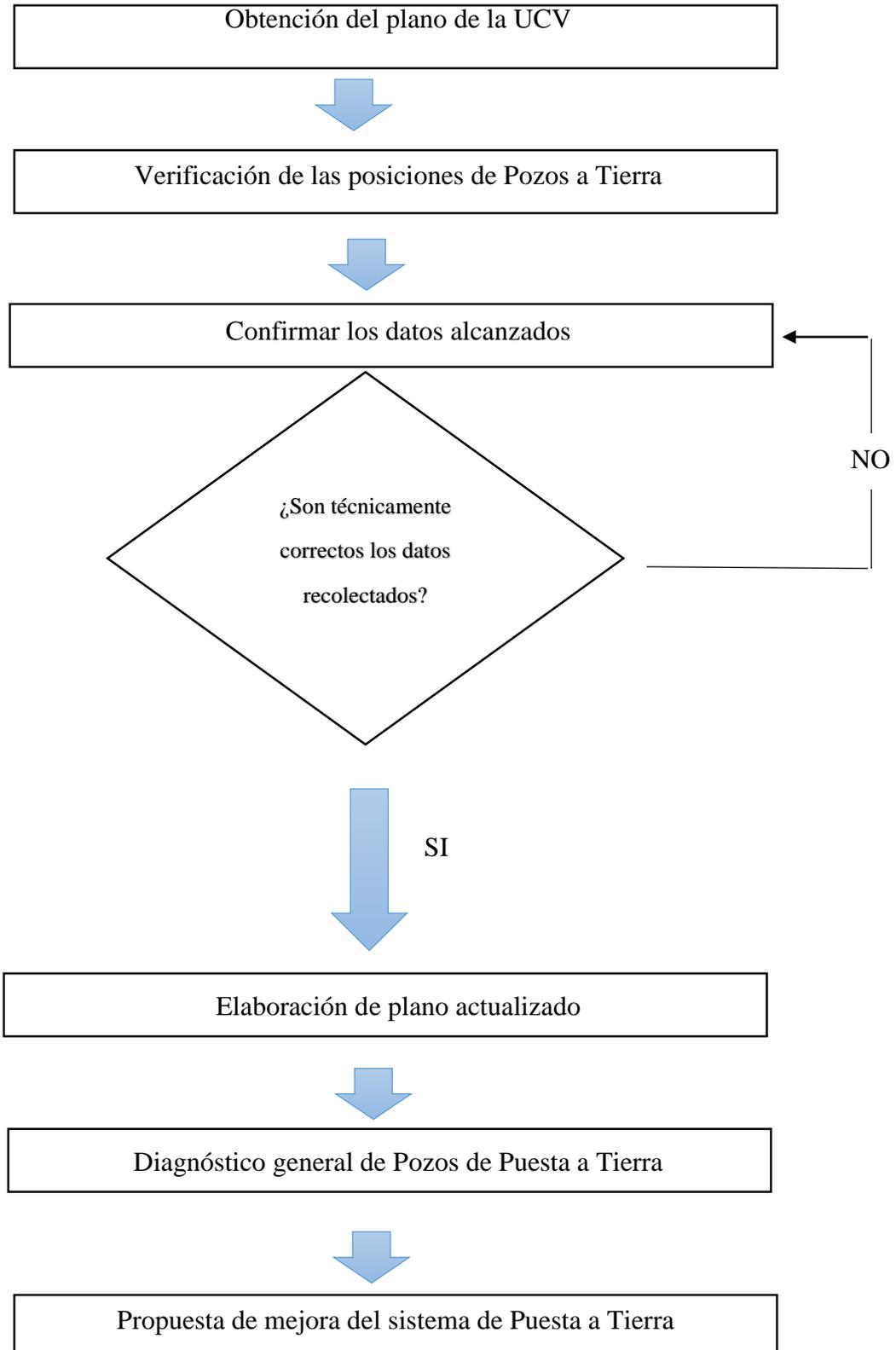
- Ubicar los pozos de Puestas a Tierra existentes y evaluar su estado externo.

- Evaluar el estado interno actual del sistema de Puesta a Tierra en la Universidad César Vallejo- Trujillo realizando un diagnóstico general midiendo su calidad del suelo circundante, resistividad eléctrica y comprobando si cuenta con los componentes normados.
- Elaborar un plano actualizado de los sistemas de Puesta a Tierra existentes.
- Proponer como adecuar el sistema de Puesta a Tierra al Código Nacional de Electricidad y normas vigentes, mejorando la distribución actual y los puntos de conexión de los Pozos.
- Formular una valoración de la inversión que requerirá adecuar los Pozos a Tierra al Código Nacional de Electricidad y normas vigentes.
- Dar recomendaciones sobre algunas mejoras en el sistema de Puesta a Tierra actual y proponer diferentes formas de instalación.
- Presentar una estimación del coste en general que requerirá la mejora de la instalación del sistema de Pozos a Tierra y un mantenimiento anual al sistema de Puesta a Tierra.

II. METODO

2.1 Diseño de la investigación

Aplicativa - Cuasiexperimental



2.2 Variables

Por su función

Independientes:

La humedad del suelo

La resistividad del pozo

Concentración de sales disueltas

Dependientes:

Pozos en buen estado

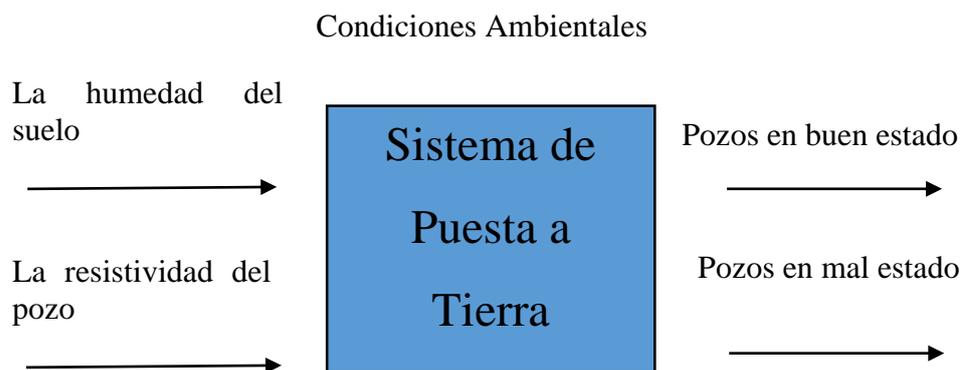
Pozos en mal estado

Intervinientes:

Condiciones Ambientales

Corrientes de Falla

Caja Negra



2.2.1 Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Condiciones Ambientales	Son los factores que se presentan en determinado lugar como la temperatura, la humedad, las corrientes	Esta variable afectará a todas los componentes del pozo, este nivel si es alto deteriorará su integridad	Se verá en el grado de degradación que tienen o tendrán los pozos	Intervalo
La Resistividad del Pozo	Es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno.	Sera lo más fundamental, mientras sea más baja mejor para el pozo a tierra	Grado de oposición del pozo al paso de corriente de mide ohmios (Ω) $R = \rho \frac{L}{A}$	Razón
La humedad del suelo	Cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno.	Estará siempre presente en todos los pozos para bien o para mal de estos	Dada por tabla según el tipo de suelo en ohmios por metro (Ω -m)	Intervalo
Pozos en mal estado	Es la propiedad que tienen para que no cumplan con las normas establecidas	Esta variable se observará en la totalidad de los pozos a investigar	Ver su existencia en cada pozo, ver su calidad, etc. Buscar el desperfecto	Razón
Corrientes de Falla o Cortocircuito	Se denomina al fallo en un aparato por el cual la corriente eléctrica pasa directamente del conductor activo	Cuando llegue corriente inesperada al pozo producto de una corriente anómala o de falla	Se verá participe si el pozo sufrió una degeneración mecánica en sus componentes	Intervalo
Concentración de sales disueltas	Es la cantidad de sales o salinidad que tiene cierto suelo	La cantidad de salinidad afectara en el desempeño del pozo a tierra	Afectará en la medida de la resistividad	Intervalo

Pozo en buen estado	Es la propiedad que tienen para cumplan con las normas establecidas	Esta variable se observará en la totalidad de los pozos a investigar	Se verificará según corresponda en cada pozo para ayudar a cumplir con la fórmula de resistencia	Razón
---------------------	---	--	--	-------

Tabla 2.1

2.3 Población y Muestra

Población

La población motivo de esta investigación está conformada por los 54 pozos a tierra de la Universidad César Vallejo-Trujillo.

Muestra

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)N}{E^2(N - 1) + Z^2 P(1 - P)}$$

$$n = \frac{51.8616}{1.4904}$$

$$n = 34.79710 = 35$$

(A.Morillas, 2012)

Donde:

n=Tamaño de la muestra

N=Universo (54 pozos)

Z=Nivel de confianza (1.96)

P=Probabilidad a favor (50%)

E=Error de estimación (10%)

La muestra utilizada en la presente investigación está conformada por 35 Pozos a Tierra tomados por formula estadística de muestra.

Muestreo

Por conveniencia

(Explorable, 2009) Son seleccionados para el estudio sólo porque son más fáciles de reclutar y el investigador no está considerando las características de inclusión de los sujetos que los hace representativos de toda la población.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica	Instrumento	Validez
Observación	Ficha de Observación Telurómetro	Especialista

Tabla 2.2

Ficha de Registro					
Pabellón	Número de Pozo	Resistencia (Ω)	Diámetro Externo del Conductor (mm)	Derivación	Estado

Tabla 2.3

En la tabla 2.3 se observa la ficha de registro principal que se usará para la medición de los pozos a tierra, esta cuenta con la ubicación, en número de pozo (según en plano), su resistencia hacia la corriente eléctrica propia del pozo, el diámetro del conductor medido en milímetros, su derivación, es decir, de que tablero es su procedencia y por último con toda la información ya obtenida, escribir su estado.

2.5 Métodos de análisis de datos

Se expondrá los procedimientos del análisis de datos y que herramientas de análisis estadístico son adecuadas para este propósito sustentando el grado de validez y confiabilidad de este proyecto.

2.6 Aspectos éticos

En este proyecto se cuenta con los recursos necesarios para la misma, de igual manera, la realización de estudio de los pozos a tierra se dispuso la información y autorización de las personas competentes de la Universidad César Vallejo (Oficina de Obras).

Se tendrá en cuenta los estatutos del código Nacional de Electricidad para el desarrollo de la investigación.

Se elaboró con los criterios de responsabilidad, puntualidad, eficiencia y honradez.

Todo lo que se ha transcrito esta referenciado, lo que no está referenciado es autoría del investigador.

III.- Resultados

3.1 Ubicación de los sistemas de Puesta a Tierra y evaluación externa

Primero se investigó y verificó la ubicación exacta de los pozos a tierra, si esta coincidía con la proporcionada por la oficina de obras de la Universidad César Vallejo.

Cabe resaltar que el universo de pozos a tierra en el campus de la universidad es de 55, de las cuales por metodología de estudio de pudo revisar e inspeccionar 35, la verificación de ubicación se hizo a los 55 pozos ya mencionados, pero como se verá más adelante el diagnostico solo fue de los 35, aclarado ese aspecto damos el siguiente dato:

Verificación de ubicación de Pozos a Tierra de la Universidad César Vallejo		
	%	Número
Pozos que coinciden con el plano	87.27	48
Pozos que no coinciden con el plano	12.72	7
Total, de Pozos a Tierra	100	55

Tabla 3.1

Como podemos observar existe un problema superior al 10% de no coincidencia entre el plano obtenido por la universidad y por estudio de verificación de campo, esto se debe a muchos factores tales como, por ejemplo, la modernización de algunas áreas, la construcción en otras, etc.

Evaluación externa de pozos a tierra existentes de la Universidad César Vallejo		
	%	Numero
Caja de registro en buen estado	90.9	50
Caja de registro en mal estado	0	0
Cajas de registro descontinuadas	9.09	5
Total, de Pozos a Tierra	100	55

Tabla 3.2

La tabla 3.2 describe brevemente el estado de las cajas de registro o tapas donde el sistema de puesta a tierra de ubica. Más del 90% de las cajas se encuentran en excelente estado, no se registraron tapas en mal estado, en la revisión realizada en septiembre del 2017 se encontraron muchas cajas de registro rotas, pero para junio del 2018 todas las tapas rotas o agrietadas fueron remplazados por otras nuevas, y solo el 9% de tapas son de concreto, esto no quiere decir que, deban cambiarse porque no sirven, pero ayudan a dar una idea estadística de cuantos Pozos a Tierra son antiguos y cuantos modernos.

3.1.1 Medidas de resistividad del terreno

Resistividad del Suelo		
	A	ρ_a
Pabellón	Distancia entre electrodos en m.	Resistividad aparente del suelo (Ω -m).
A-B-F	1	0.8
	3	3.8
	6	13.9
C-Casona	1	1.22
	3	10.6
	6	25.4
E-D	1	0.9
	3	6.15
	6	15.1

Tabla 3.3

La resistividad del terreno es transcendental para el sistema de Puesta a Tierra, cabe mencionar que se usó el método de Wenner para aproximar la resistividad del suelo, las medidas no son exactas, debido a que esta medida de por sí es muy cambiante por factores ya mencionados en el marco teórico.

Para encontrar en valor de la resistividad del terreno se empleó un Telurómetro especial de 4 bornes, los cuales se enterraron en el suelo a una distancia entre 20 a 30 centímetros de profundidad, a una distancia media de 3 metros, este equipo mide la resistividad por el método de Wenner, este dato el cual se denomina “R”, se reemplaza en la ecuación

dada en el marco teórico, sin embargo, el equipo que se utilizó en esta ocasión daba el resultado ya reemplazado.

Se midió en 3 partes fundamentales de la universidad, en cada una de las 3 zonas se realizaron otras 3 medidas, las cuales se variaba la distancia de los electrodos, 1 metro, 3 metros y 6 metros con el propósito de tener una idea del valor de la resistividad más concisa. (Anexos 7.2-7.3)

Para concluir, la calidad de tierra de la universidad es buena, la resistividad es relativamente baja, variantes donde se riega que es más baja y por donde no se trata mucho que está más alta, pero a grandes rasgos el tipo de suelo es óptimo para un sistema de puesta a tierra, entonces el problema de las resistividades altas gira en torno a los Pozos a Tierra.

3.1.2 Curvas de Orellana

Como se observa en las siguientes tres curvas formadas por distintas mediciones realizadas en los pabellones “A-B-F”, “C-Casona”, “E-D”, la curva obtenida se entiende que las primeras capas o estratos menos profundos tienen una resistividad baja, eso quiere decir que tiene mejores propiedades para la instalación de un sistema de puesta tierra.

No obstante, mientras se midió estratos más profundos, la resistividad del suelo crece rápidamente, dando a entender que a mucha más profundidad la calidad del suelo de la Universidad César Vallejo en el campus de Trujillo no tiene muy buena calidad, por ello se valorizó compra de tierra agrícola en el área circundante cerca de la puesta a tierra, ya que esta es la que cuenta con mejores propiedades para el paso de la corriente eléctrica. (Anexos 8.4 pág. 101)

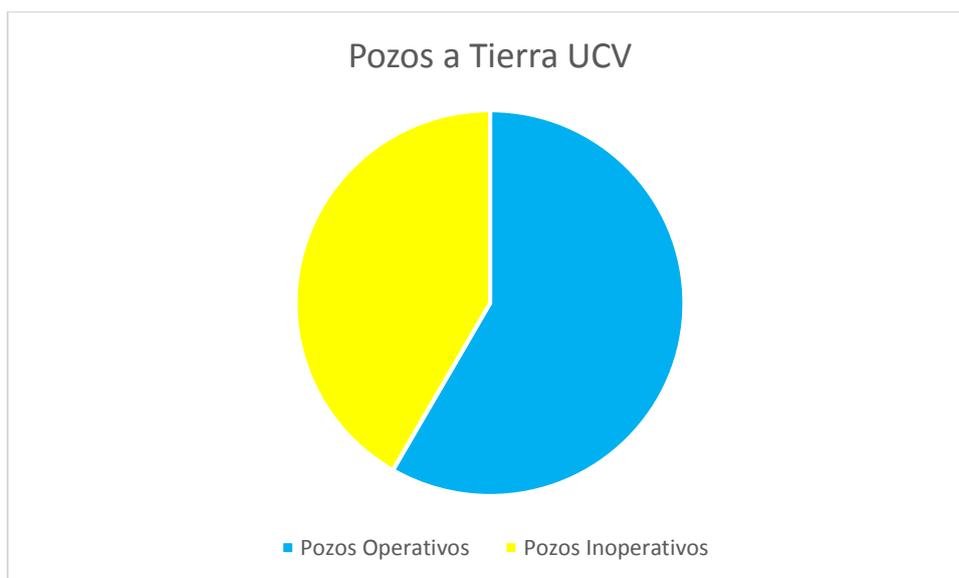
3.2 Evaluación del estado interno del sistema a Puesta a Tierra

Una vez ya realizando el primer paso, que era identificar los pozos, se procedió a tomar los datos de resistividad, diámetro del cable o conductor, derivación del pozo a tierra, tipo de pozos a tierra en sí, tipo de instalación de pozos a tierra, tipo de empalme con el que cuenta, todos lo anterior mencionado ayudará al dar un diagnostico detallado cual es el objeto de estudio de este trabajo de investigación.

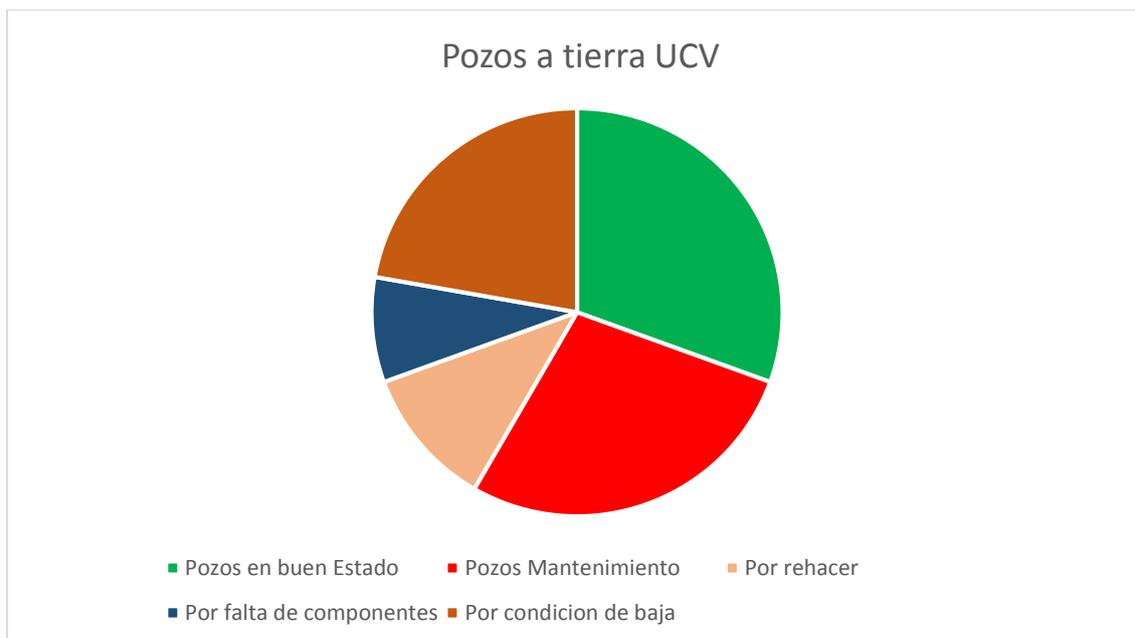
Para facilidades del estudio se clasificó los pozos a tierra según algunas características estudiadas.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO					
Clasificación					
Pozos Operativos		Pozos Inoperativos			Pozos Propuestos
Pozos en buen Estado	Pozos Mantenimiento	Por rehacer	Por falta de componentes	Por condición de baja	

Tabla 3.4



Grafica 1.1



Grafica 1.2

La grafica 1.1 y 1.2 son representaciones circulares de la clasificación asignada a los pozos a tierra, de esta manera se ve con mayor facilidad cuantos representa cada uno en comparación al total.

Se observó que todos los empalmes entre la barra a tierra y el conductor que deriva del tablero en todos los casos eran por grapas, es decir, el universo de empalmes de los pozos a tierra de la universidad César Vallejo son por pernado.

3.2.1 Pozos a Tierra Operativos

Como su mismo nombre describe a aquellos cuales funcionan actualmente en la universidad, independientemente si están cumpliendo su función bien o mal, se divide en dos categorías los pozos en buen estado o los pozos que requieren mantenimiento a continuación se describen más ampliamente.

3.2.1.1 Pozos a Tierra en buen estado

Pozos en buen estado se refiere a la característica de estos a cumplir con el código nacional de electricidad y normas vigentes algunas de ellas expuestas en la primera parte de esta investigación.

La investigación dicta que, de los 35 pozos estudiados, 10 cumplían estrictamente con las características apropiadas.

POZOS A TIERRA EN BUEN ESTADO				
Ficha de Registro				
Pabellón	Numero de Pozo	Resistencia (Ω)	Diámetro Externo del Conductor (mm)	Derivación
Oficina de la Explanada	5	1.41	7	Oficina
D	10	3.15	7	Sala de Computo
E	11	4.36	7	Antena
	13	2.47	7	Computo
D	14	4.71	7	Sala de Computo
	15	6.28	6	-----
E	22	5.46	7	Ascensor
	23	4.69	6	-----
B	33	8.04	7	-----
E	49	6.28	6	Antena

Tabla 3.5

POZOS A TIERRA EN BUEN ESTADO				
Ficha de Registro según mínima resistencia				
Pabellón	Numero de Pozo	Resistencia (Ω)	Diámetro Externo del Conductor (mm)	Derivación
Oficina de la Explanada	5	1.41	7	Oficina
E	13	2.47	7	Computo
D	10	3.15	7	Sala de Computo
E	11	4.36	7	Antena
	23	4.69	6	-----
D	14	4.71	7	Sala de Computo
E	22	5.46	7	Ascensor
D	15	6.28	6	-----
E	49	6.28	6	Antena
B	33	8.04	7	-----

Tabla 3.6



Gráfica 1.3

Una de las más importantes características que define a un Pozo a Tierra, es la facilidad o la oposición de esta, al paso de corriente eléctrica, es decir, la resistividad al suelo. Este dato es muy importante ya que, si la resistividad es muy alta, la Puesta a Tierra tendrá un menor rendimiento, ya que el propósito de esta es drenar la corriente a las capas de la tierra o al terreno, lo cual no hará si la resistencia es muy alta.

Para esto, entes autorizados como Osinerming y el Ministerio de Energía por medio del código nacional de electricidad, Norma técnica peruana y por recomendaciones de los proveedores, dan una resistencia máxima las cuales se exponen en el punto 1.3.7.

Los sistemas a Puesta a Tierra que cuentan con una resistencia apropiada para el rango al que está sometido son en total 10. A continuación brevemente descripción.

POZOS A TIERRA EN BUEN ESTADO		
Ficha de Registro		
Pabellón	Breve Descripción	
E	<p>En el pabellón de “E” el de Ingeniería existen 5 Pozos a Tierra, de los cuales son los de número 11,13,22,23 y 49 según el plano general.</p>	<p>Los Pozos a Tierra número 11 y 49 tiene derivación a la antena, por lo cual sus resistividad al suelo debe ser menor de 5 ohmios, según la medida tomada el pozo 11 esta menor al razón por lo que está en buen estado por otro lado el pozo 49 está en 6.28 ohm por lo cual esta elevado por 1.28 ohmios, lo cual no es mucho y no afecta en su rendimiento significativamente, se recomienda regar la zona continuamente, limpiar la barra de cobre y renovar el empalme.</p>
		<p>El Pozo a Tierra número 13 tiene derivación a un centro de cómputo, por lo cual sus resistividades al suelo deben ser menor a 5 ohmios, según la medida tomada esta está en 2.47 ohm por lo cual está dentro del rango aceptado.</p>
		<p>El Pozo a Tierra número 22 tiene derivación al ascensor principal de este pabellón, por lo cual sus resistividades al suelo deben ser menor de 4 ohmios, según la medida tomada esta está en 5.46 ohm por lo cual esta elevado por 1.46 ohmios, lo cual no es mucho y no afecta en su rendimiento significativamente, se recomienda regar la zona continuamente, limpiar la barra de cobre y renovar el empalme.</p>
		<p>El Pozo a Tierra número 23 tiene derivación al pabellón E, su resistividad es de 4.69 ohm, lo cual cumple con las normas básicas para su funcionamiento.</p>

Tabla 3.7

POZOS A TIERRA EN BUEN ESTADO		
Ficha de Registro		
Pabellón	Breve Descripción	
D	En el pabellón de “D” existen 3 Pozos a Tierra de los cuales son los de número 10,14,15 según el plano general	Los Pozos a Tierra número 10, 14 y 15 tiene derivación a un centro de cómputo respectivamente, por lo cual sus resistividades al suelo deben ser menor a 5 ohmios, según la medida tomada solo el ultimo el pozo 15 está por encima de la razón con 6.28 con una elevación de 1.28, lo cual no es mucho y no afecta en su rendimiento significativamente, se recomienda regar la zona continuamente, limpiar la barra de cobre y renovar el empalme.
B	En el pabellón de “B” existe 1 Pozos a Tierra del cual es el número 33 según el plano general.	El Pozo a Tierra número 33 tiene derivación en el pabellón B, es el primer de una sucesión de 3 pozos, su resistividad es de 8.04 ohm el cual está dentro del rango para una instalación, pero se recomienda instalar una malla en la unión con los pozos que no están dentro del estudio con numeración 38,39,40.
EXPLANADA	En las oficinas nuevas de la explanada existe solo un Pozo a Tierra que cumple las normas, el cual es de número 5 según el plano general.	El Pozo a Tierra número 5 tiene derivación a una oficina, que lo tomaremos como centro de cómputo, por lo cual sus resistividades al suelo deben ser menor a 5 ohmios, según la medida tomada está en 1.41 lo cual señala que esta nuevo y en excelente estado.

Tabla 3.8

3.2.1.2 Pozos a Tierra solicitantes de mantenimiento

Estos Pozos a Tierra son denominados así, porque su resistividad está elevada y sobrepasan los límites establecidos por norma, por ende, requieren acción para disminuir este dato.

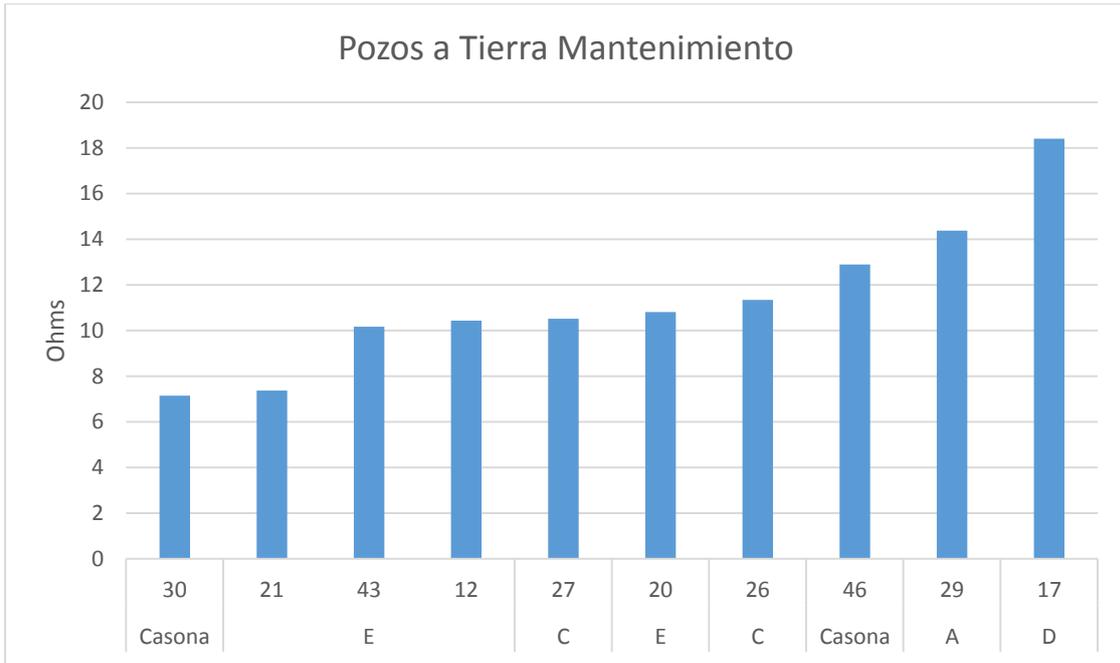
Los sistemas a Puesta a Tierra que cuentan con una resistencia inapropiada y solicitan mantenimiento son en total 10.

Pozos a Tierra Mantenimiento					
Ficha de Registro según número de pozo					
Pabellón	Numero de Pozo	Resistencia (Ω)	Diámetro Externo del Conductor (mm)	Derivación	Estado
E	12	10.44	6	Antena	Mantenimiento
D	17	18.4	7	Biblioteca	Mantenimiento
E	20	10.81	7		Mantenimiento
	21	7.37	7		Mantenimiento
C	26	11.35	6	Oficina	Mantenimiento
	27	10.52	7	Oficina	Mantenimiento
A	29	14.38	7		Mantenimiento
Casona	30	7.15	7	Ascensor	Mantenimiento
E	43	10.17	7	Antena	Mantenimiento
Casona	46	12.89	6	Casona	Inoperativo/ Mantenimiento

Tabla 3.9

Pozos a Tierra Mantenimiento					
Ficha de Registro según mínima resistencia					
Pabellón	Numero de Pozo	Resistencia (Ω)	Diámetro Externo del Conductor (mm)	Derivación	Estado
Casona	30	7.15	7	Ascensor	Mantenimiento
E	21	7.37	7		Mantenimiento
	43	10.17	7	Antena	Mantenimiento
	12	10.44	6	Antena	Mantenimiento
C	27	10.52	7	Oficina	Mantenimiento
E	20	10.81	7		Mantenimiento
C	26	11.35	6	Oficina	Mantenimiento
Casona	46	12.89	6	Casona	Inoperativo/ Mantenimiento
A	29	14.38	7		Mantenimiento
D	17	18.4	7	Biblioteca	Mantenimiento

Tabla 3.10



Gráfica 1.4

Pozos a Tierra Mantenimiento	
Ficha de Registro	
Pabellón	Descripción
A	<p>En el pabellón de “A” existen 3 pozos de los cuales son los de número 29 y 30 según el plano general.</p> <p>El Pozo a Tierra número 29 tiene derivación desconocida , por lo cual sus resistividades al suelo deben ser menor a 5 ohmios por ser uno de los pocos existentes en este pabellón , según la medida tomada el pozo tiene 14.38 ohmios, la cual ya dobla y hasta triplica la recomendada por lo cual, necesita métodos externos para bajar esa medida , las cuales pueden ser las indicadas en el punto 1.3.10 según convenga en el caso, se recomienda usar el tratamiento químico del terreno, especialmente el Thor gel , dado su comerciabilidad y rentabilidad ,también mejorar el empalme especialmente si es posible usar soldadura exotérmica la cual esta descrita en el punto 1.3.11.</p> <p>El Pozo a Tierra número 30 tiene derivación al ascensor principal de este pabellón, por lo cual sus resistividades al suelo deben ser menor de 4 ohmios, según la medida tomada esta está en 7.15 ohm por lo cual esta elevado por 3.15 ohmios, para lo cual se recomienda lo mismo que en el caso que a los pozos buenos, además de añadir obligatoriamente un empalme de buena calidad.</p>

C	En el pabellón de “C” existen 2 pozos de los cuales son los de número 26 y 27 según el plano general.	Los Pozos a Tierra número 26 y 27 tiene derivación a oficinas , por lo cual sus resistividad al suelo debe ser menor de 5 ohmios, según la medida tomada tienen una resistencia a esta de 11.35 y 10.52 ohmios respectivamente, la cual ya dobla la recomendada por lo cual, necesita métodos externos para bajar esa medida , las cuales pueden ser las indicadas en el punto 1.3.10 según convenga en el caso, se recomienda usar el tratamiento químico del terreno, especialmente el Thor gel , dado su comerciabilidad y rentabilidad ,también mejorar el empalme especialmente si es posible usar soldadura exotérmica la cual esta descrita en el punto 1.3.11.
----------	---	--

Tabla 3.11

Pozos a Tierra Mantenimiento		
Ficha de Registro		
Pabellón	Descripción	
D	En el pabellón de “D” existe 1 Pozo a Tierra el cual lleva de número 17 según el plano general.	<p>El Pozo a Tierra número 17 tiene derivación a la biblioteca principal de la universidad, esta cuenta con múltiples sistemas computacionales por lo que la resistividad al suelo debe ser menor a 5 ohmios, según la medida tomada este pozo tiene 18.4 ohmios , la cual está muy arriba de lo normal, para lo cual se recomienda usar el tratamiento químico del terreno, especialmente el Thor gel , dado su comerciabilidad y rentabilidad ,también mejorar el empalme especialmente si es posible usar soldadura exotérmica la cual esta descrita en el punto 1.3.11.</p> <p>Cabe resaltar que el Pozo a Tierra da signos de ser nuevo y que solo necesitaría mantenimiento.</p>
E	En el pabellón de “E” el de Ingeniería existen 4 Pozos a Tierra de los cuales son los de número 12, 20, 21 y 43 según el plano general.	Los Pozos a Tierra número 26 y 27 tiene derivación a oficinas , por lo cual sus resistividad al suelo debe ser menor de 5 ohmios, según la medida tomada tienen una resistencia a esta de 11.35 y 10.52 ohmios respectivamente, la cual ya dobla la recomendada por lo cual, necesita métodos externos para bajar esa medida , las cuales pueden ser las indicadas en el punto 1.3.10 según convenga en el caso, se recomienda usar el tratamiento químico del terreno, especialmente el Thor gel , dado su comerciabilidad y rentabilidad ,también mejorar el empalme especialmente si es posible usar soldadura exotérmica la cual esta descrita en el punto 1.3.11.

		Además, cabe destacar que estos dos evidencian señales de envejecimiento, tapas antiguas de concreto ya rotas (ahora ya cambiadas), se puede considerar ampliar este pabellón con nuevos pozos modernos.
CASONA	La casona lleva un Pozo a Tierra también ubicable en el plano general de la universidad el cual es el 46.	Este Pozo a Tierra tiene su derivación dentro de la parte llamada casona, el pozo no tiene conexión, no existe presencia de conductor, se recomienda usar un conductor con el calibre adecuado, con los colores ver y amarillo como dice la norma, en cuanto a la resistencia al suelo cuanto con 12.89 ohm lo cual para una edificación simple cumple los menos de 25 que dice la norma.

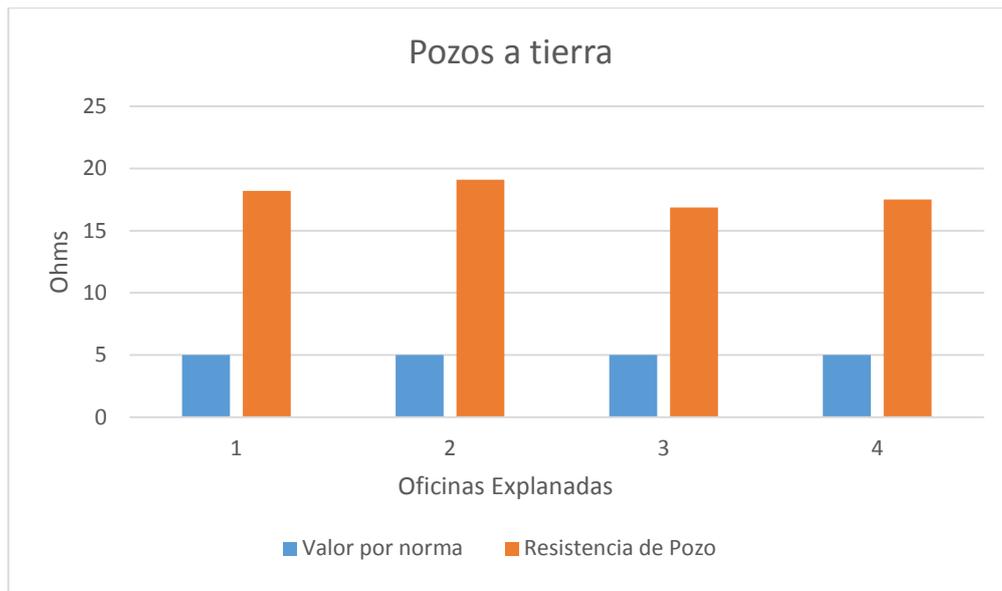
Tabla 3.12

3.2.2 Pozos a Tierra Inoperativos

3.2.2.1 Por rehacer

También existen Pozos a Tierra mal diseñados, que no cuentan con las condiciones normadas o incumplen con estas, también la resistividad es tan alta que lo más apropiado económicamente es volverlos a elaborar, es el caso de 4 Pozos a Tierra los cuales son el 1,2,3,4. Sus características se muestran a continuación:

- Sus resistencias al suelo son respectivamente 18.2,19.1,16.86 y 17.5 ohmios. Su resistencia máxima debería estar por debajo o próximo a los 5 ohmios por ser oficinas, además de mostrar aumento exagerado en sus resistencia, se observó que la tierra en estos es arenosa, no ayudando a facilitar la conductividad, lo correcto sería tierra agrícola, si se le aplica tratamiento químico al terreno no ayudaría en su totalidad ya que el suelo no es el correcto, ni aumentar el diámetro de la jabalina porque estos 4 pozos están ya en el límite de separación, enterrar la jabalina o electrodo más profundo tampoco beneficiaría, tal vez bajaría unos cuantos ohm pero no se aplica para reducir considera lente, por esto se recomienda volver a fabricar los pozos con las características normadas.



Gráfica 1.5

3.2.2.2 *Por falta de componentes*

Se están denominando por falta de componentes aquellos Pozos a Tierra que no cuentan con conductor a la jabalina o barra de cobre, es decir, le falta uno o varios componentes para que estén en funcionamiento o solo están desconectados, es el caso de varios pozos, por ejemplo: el número 6, 28 y 46. Este punto no quiere dar a entender si tiene la resistividad adecuada o no, solo señala que el sistema de seguridad no está actuando simplemente por ausencia de componentes.



3.2.2.3 Por condición de baja

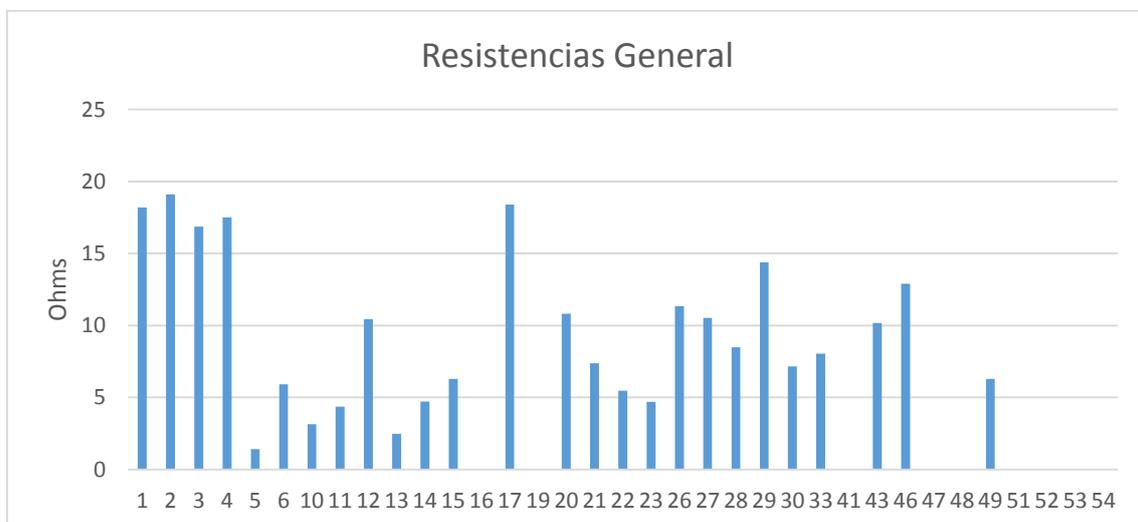
Se están denominando por condición de baja a todos aquellos pozos que estén tapados, inexistentes y/o inaccesibles son aquellos pozos que por futuras construcciones se han perdido o se ha cimentado encima de ellos, para lo cual no es posible hacerle mantenimiento de ninguna clase.

Es el caso de los Pozos a Tierra número 16,19,47,48 ,51,52, 53 ,54.

Para resumir y concluir la toma de muestras de la resistividad del sistema de Puesta a Tierra en el campus de la Universidad César Vallejo arrojó el siguiente resultado:

1. Pozo a Tierra Operativos: 20
 - Pozos a Tierra Buenos: 10
 - Pozos a Tierra que Requieren Mantenimiento: 10

2. Pozos Inoperativos: 15
 - Por rehacer: 4
 - Por falta de componentes: 3
 - Por condición de baja: 8



Gráfica 1.6

3.2.2.4 Relación entre resistividad del terreno y las mediciones encontradas

Como pudimos observar mediante las curvas de Orellana, la estratificación del terreno es variada y que la resistencia eléctrica es mayor mientras más se penetra, por otra parte, la barra de cobre presente en todos los pozos a tierra tiene una profundidad de excavación máxima de 2.5 metros como dicta la norma 000-060. Esto da a entender que la barra no llega hasta estratos muy profundos, pero es recomendable para futuros pozos a tierra, cavar un agujero circular de 1 metro de diámetro, mojarla, echarle sal si es necesario y rellenarla con tierra agrícola, dada que tiene muy buenas propiedades eléctricas.

Para los pozos a tierra ya existentes solo darle un tratamiento químico al suelo y regar frecuentemente.

3.3 Elaboración del plano actualizado

Se elaboró un plano (Anexos 3) donde se corrigió todas las desconcordancias que tenía con el anterior, además se añadió la clasificación de cada uno de ellos, también posicionando los Pozos a Tierra propuestos y señalando la unión de algunos de ellos para señalar de la mejor manera el sistema de interconexión de pozos a tierra como propuesta de mejora.

3.4 Propuesta de mantenimiento al sistema de Puesta a Tierra

Por teoría de mantenimiento se efectuará mantenimiento de conservación, dentro esta la sub clase, mantenimiento preventivo, la cual escogeremos para nuestro proyecto. A la vez dentro de este tipo de mantenimiento escogeremos el mantenimiento programado ya que, todas las actividades que vendrán a continuación estarán dentro de un control con fechas específicas.

La propuesta de mantenimiento busca solucionar todos aquellos problemas que se generan en el sistema a Puesta a Tierra en la universidad César Vallejo, pozos que no cumplían con las normas vigentes en la actualidad, buscando que el universo de estos sean los más adecuados para la seguridad tanto como del usuario como del equipo. Para cumplir con este fin se necesita atacar a cada clasificación antes mencionada.

3.4.1 Propuesta de mantenimiento en Pozos a Tierra en buen estado y Pozos a Tierra a proponer

Para conservar la integridad de los Pozos a Tierra que están dentro del rango de resistividad y también para los que se van a construir se recomienda realizar una actividad periódica. Esta consta de:

1. Revisión de resistividad con un telurómetro.
2. Desconectar el cable de acometida.
3. Darle una dosis de tratamiento químico al suelo en su mayoría de casos con Thor Gel.
4. Darle una limpieza a la barra y lijar el empalme.
5. Conectar el cable de acometida.
6. Si la caja de registro esta despintada por el tiempo volverá a pintar.
7. Volver a medir la resistividad.

Esta actividad la mayoría de empresas las realiza en un lapso de tiempo máximo de un año y un mínimo de 4 meses.

3.4.2 Propuesta en Pozos a Tierra que requieren mantenimiento

Para mejorar la integridad y bajar la resistencia en estos Pozos a Tierra se efectúa los siguientes pasos:

1. Medir la resistividad con un telurómetro antes del mantenimiento.
2. Desconectar el cable de acometida.
3. Retiro de tierra a cierta profundidad para dejar expuesta una parte de la varilla.
4. Lijar la varilla, cepillar del cable de acometida y del cable espiral si es que existiera.
5. Darle una dosis de tratamiento químico al suelo en su mayoría de casos con Thor.
6. Lijar el empalme.
7. Reposición de la tierra retirada, se recomienda reponer con tierra agrícola.
8. Si la caja de registro esta despintada por el tiempo volverá a pintar.
9. Volver a medir la resistividad

Esta actividad también la mayoría de empresas las realiza en un lapso de tiempo máximo de un año y un mínimo de 4 meses.

Mantenimiento de Pozos a Tierra UCV											
Nombre del Encargado										Marca y modelo del Telurómetro	
Área Encargada							Fecha		Hor a		
Número de Pozo Revisado	Reem. Tierra	Condición de Barra	Tratamiento Químico		Tipo de Empalme		Limpieza barra	Resistividad			Observaciones
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	
			Thor Gel	Otro	Per n.	Sold.		0-5 ohm	5-10 ohm	10-20 ohm	

			Thor Gel	Ot ro	Per n.	Sol d.		0-5 oh m	5- 10 oh m	10- 20 ohm	
			Thor Gel	Ot ro	Per n.	Sol d.		0-5 oh m	5- 10 oh m	10- 20 ohm	
			Thor Gel	Ot ro	Per n.	Sol d.		0-5 oh m	5- 10 oh m	10- 20 ohm	
			Thor Gel	Ot ro	Per n.	Sol d.		0-5 oh m	5- 10 oh m	10- 20 ohm	
			Thor Gel	Ot ro	Per n.	Sol d.		0-5 oh m	5- 10 oh m	10- 20 ohm	
Observaciones Generales					Fecha de Próximo control			Not a			Firma de aprobación
								Se recomienda que el periodo de tiempo entre controles no sea mayor a un año hábil es decir 365 días			

Cuadro de actividades

El cuadro de actividades es un control periódico para realizar el mantenimiento de una manera más rápida y eficiente.

3.4.3 Propuesta en Pozos a Tierra inoperativos

3.4.3.1 Por rehacer

Para estos Pozos a Tierra que tienen una resistividad muy alta y es muy probable que, aunque se aplique la dosis de tratamiento químico su resistividad no baje hasta lo normado, se recomienda hacer un nuevo pozo, en el caso de este estudio.

3.4.3.2 Por falta de componentes

Para el conjunto de estos 3 pozos se propone cablear en caso que no lo este, empalmar adecuadamente, posteriormente verificar en que clasificación entraría una vez operativo en el de bueno o en que requiere mantenimiento, luego aplicar según corresponda.

3.4.3.3 Por condición de baja

Para los denominados así, no se puede hacer mantenimiento de ningún tipo, simplemente volver a instalarlos, uniéndolos con el tablero donde anteriormente se encontraba.

Las fuentes en fotos se pueden observar en Anexos

3.4.3.4 Análisis de reemplazo de equipo

Como podemos saber en qué ocasión se elige el mantenimiento y en qué caso es mejor un cambio total de la estructura. En la mayoría de casos se hace un estudio técnico y económico.

Para la realidad del estudio, tiene más ventajas técnicas un reemplazo, porque los pozos a tierra existentes en la universidad en su totalidad, no cuentan con elementos que nuevos que se proponen, es el caso del cemento conductor y la tierra agrícola, ambas ayudan considerablemente que el rango de mantenimiento sea más prolongado, por ejemplo un pozo a tierra estándar, con los que cuenta la universidad, su periodo de mantenimiento es de ocho meses, es decir, cada este tiempo se gastará periódicamente en mantenimiento, cabe también decir que un mantenimiento no recupera todas las propiedades del sistema, como se mencionó en el marco teórico.

Con el uso de nuevos componentes como los ya mencionados, el periodo de mantenimiento es mucho más amplio, es de 2 a 3 años, y las propiedades se pierden en mucho menor porcentaje, haciendo que poco a poco el universo de pozos tenga los componentes nuevos y asegurando de una manera más eficiente la protección.

3.4.4 Propuesta en los Pozos a Tierra nuevos, a instalarse y a proponer

En total se instalarán nuevamente quince pozos a tierra y a tres se le proporcionará una lista de materiales para que estén en funcionamiento para que entren en la clasificación de operativos.

Los quince Pozos a Tierra a instalarse se le agregará características nuevas, tales como cemento conductivo y conexiones exotérmicas, las cuales no tienen los antiguos pozos, esto con el fin de mejorar la calidad y durabilidad de estos.

Estos dos puntos beneficiarán considerablemente el rendimiento tanto como en mantenimiento como en durabilidad con el paso del tiempo como se describió en la teoría. Se recomienda para el aspecto económico las marcas más comerciales o accesibles tanto como para tratamiento químico al suelo, el Thor gel o como para el cemento conductivo Conducrete.

3.4.4.1 Pozos a Proponer

Se propondrán Pozos a Tierra nuevos, ya que algunas zonas de la universidad no se encuentran protegidas, por lo tanto, existe un nivel de riesgo.

Son tres los casos, estos se pondrán en zonas desprotegidas, dos en los laboratorios ubicados en el pabellón C, dos porque los laboratorios tienen equipos más delicados. Y el último en la pileta del pabellón de ingeniería ya que actualmente está en funcionamiento y no cuenta con sistema de protección.



Figura 2.0

Como se puede observar en la figura 2.0, los laboratorios cuentan con protección a puestas a tierra, la cual debe ser instalada por medidas de seguridad, el tablero C-1 es el encargado de alimentar esta zona, como se muestra en el plano actualizado (Anexos) Como se puede observar el suelo es óptimo para la instalación de Pozos a Tierra ya que la resistividad del terreno es baja.



Figura 2.1



Figura 2.2



Figura 2.3

En la figura 2.2 se muestra la pileta que se encuentra en el pabellón de ingeniería la cual, como podemos apreciar está en funcionamiento, esta se alimenta por un motor que se puede observar en la figura 2.4, esta zona esta desprotegida de corrientes de falla, por lo cual se recomienda hacer una instalación de Puestas a Tierra.

3.5 Propuesta económica de la mejora al sistema de Puesta a Tierra para que cumpla con las normas actuales

3.5.1 Propuesta económica de Pozos a Tierra a instalarse

Los costos se clasifican en dos ramas, uno que se denominan suministro de materiales cuales son en conjunto de componentes que forma un sistema de Puesta a Tierra y mano de obra que viene a ser el trabajo de instalar los componentes.

El primer punto a tocar son los doce Pozos a Tierra que no figuran en el plano y por motivos inexplorados no están en funcionamiento.

<u>COSTOS PARA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS POZOS A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - TRUJILLO</u>							
I.- SUMINISTRO DE MATERIALES							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)	
1.00	Electrodo de cobre de 5/8"x2.4 m	unid	15.00	185.00	2,775.00		
2.00	Cemento conductivo de 25 Kg. marca condúcete o similar	bolsa	15.00	175.00	2,625.00		
3.00	Soldadura Exotérmica tipo barra conductor	unid	15.00	70.00	1,050.00		
4.00	Tierra de cultivo para pozo a tierra	m3	15.00	25.00	375.00		
5.00	Caja de registro con tapa	unid	15.00	55.00	825.00		
6.00	Pintura para señalización de pozo a tierra	galón	15.00	10.00	150.00		
COSTO DIRECTO MATERIALES						S/.	7,800.00
TOTAL						S/.	7,800.00

Tabla 3.13

II.- MANO DE OBRA: INSTALACIÓN DE POZO A TIERRA							
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)	
1.00	Excavación en terreno natural	m3	15.00	35.00	525.00		
2.00	Instalación de puesta a tierra con cemento conductivo	unid	15.00	220.00	3,300.00		
3.00	Relleno y compactado	m3	20.00	30.00	600.00		
4.00	Soldadura exotérmica de varilla y cable	unid	15.00	80.00	1,200.00		
5.00	Instalación de Caja de registro con tapa	unid	15.00	25.00	375.00		
6.00	Pintado de señalización	unid	15.00	25.00	375.00		
7.00	Protocolo de pruebas de resistividad a los 06 meses	unid	15.00	130.00	1,950.00		
COSTO DIRECTO MANO DE OBRA						S/.	8,325.00

		COSTO TOTAL MATERIALES MANO DE OBRA			16,125.00
		GASTOS GENERALES	10.00%	S/.	1,612.50
		UTILIDAD	5.00%	S/.	806.25
	COSTO INCLUYE IGV	TOTAL			18,543.75

Tabla 3.14

3.5.2 Propuesta económica a Pozos a Tierra existentes

El segundo punto se detallarán los Pozos a Tierra que necesitan mantenimiento, en este caso son 13.

<u>COSTOS DE MANTENIMIENTO DE POZOS A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO- TRUJILLO</u>						
I.- SUMINISTRO DE MATERIALES						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
1.00	Dosis de Thor gel	Kit	13.00	80.00	1,040.00	
2.00	Soldadura exotérmica tipo barra conductor	Unid	13.00	70.00	910.00	
3.00	Tierra de cultivo para pozo a tierra	m3	5.00	25.00	125.00	
						2,075.00
		COSTO DIRECTO MATERIALES			S/.	2,075.00

Tabla 3.15

II.- MANO DE OBRA: INSTALACIÓN DE POZO A TIERRA						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
1.00	Excavación en terreno natural 1m de profundidad	m3	13.00	25.00	325.00	
2.00	Colocación de Thor gel a Pozo a Tierra	Kit	13.00	15.00	195.00	
3.00	Relleno y compactado	m3	5.00	20.00	100.00	
4.00	Soldadura exotérmica de varilla y cable	Unid	13.00	80.00	1,040.00	
5.00	Protocolo de pruebas de resistividad a los 06 meses	Unid	13.00	130.00	1,690.00	
						3,350.00
		COSTO DIRECTO MANO DE OBRA			S/.	3,350.00

		COSTO TOTAL MATERIALES Y MANO DE OBRA		S/.	5,425.00
		GASTOS GENERALES	10.00%	S/.	542.50
		UTILIDADES	5.00%	S/.	271.25
	COSTOS INCLUYE IGV	TOTAL		S/.	6,238.75

Tabla 3.16

3.5.3 Propuesta económica por mantenimiento anual

Esta propuesta representa la inversión anual que tendría que sustentar la universidad para que el sistema de Puesta a Tierra este en operando continuamente en condiciones óptimas.

<u>COSTOS DE MANTENIMIENTO DE POZOS A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO-TRUJILLO</u>						
I.- SUMINISTRO DE MATERIALES						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRA DO	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
1.00	Dosis de Thor gel	Kit	55.00	80.00	4,400.00	
2.00	Tierra de cultivo para pozo a tierra	m3	20.00	25.00	500.00	
						4,900.00
COSTO DIRECTO MATERIALES					S/.	4,900.00

Tabla 3.17

3.6 Sistema de Puesta a Tierra independiente para centros de cómputo

Como se mencionó en el marco teórico este sistema permite tener una equipotencialidad adecuada, en especial en sistemas de cómputo, es decir, protege a los sistemas electrónicos de una manera más eficiente.

En la universidad César Vallejo existen diversos aparatos eléctricos, pero nos enfocaremos en proteger los centros de cómputo y algunos data center que encontramos en el pabellón de ingeniería. Existen 3 puntos donde se concentra el número de computadoras, el laboratorio del pabellón B, ya que el A actualmente no cuenta con centros de cómputo, el del pabellón D y E, estos son los puntos donde se concentra más

la carga, por ende, se propone instalar 2 pozos a tierra en cada uno de estos pabellones protegiendo exclusivamente a las computadoras, haciendo un total de seis Pozos a Tierra a fabricarse.

Como se verificó en la toma de resistividad del terreno, la calidad de esta es buena, así que la instalación de una Puesta a Tierra, su ubicación y sus componentes serán iguales a los que ya cuenta la universidad, con el detalle que por proteger a equipos más sensibles debe tener una resistividad de 5 ohm o menos.

Existen en teoría cincuenta y cuatro Pozos a Tierra en la universidad, más tres que se proponen, porque no cubren zonas donde existe riego y seis para los sistemas de centros de cómputo, esto haría un total de sesenta y tres Pozos a Tierra para un supuesto futuro.

Por ende, se propone instalar y también interconectar Pozos a Tierra exclusivos para centros de cómputo en la Universidad César Vallejo.

De acuerdo con IEC 61000-5-2/1997, todas las Puestas a Tierra deben estar interconectadas a través de bajas impedancias para calcular el calibre del conductor se tomó la misma fórmula de mallas a tierra ya que cumplen con la misma función.

3.6.1 Cálculo del Conductor

3.6.1.1 Sección del Conductor:

$$Ac = \left(\frac{33t}{\log \left(\frac{Tm - Ta}{234 + Ta} + 1 \right)} \right)^{\frac{1}{2}}$$

En donde:

Ac = Sección del conductor (CM).

I = Corriente máxima de falla (Amp.)

- (2014) Se toma normalmente el valor de la corriente de falla monofásica, aproximadamente 1,5 Ka.

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

- Los Pozos a tierra actuales, con los que cuenta la Universidad César Vallejo son con amarre pernado así que el valor ser 250°C.

T_a = Temperatura ambiente (°C).

- (2018)La temperatura Ambiente según Senami en Trujillo en el mes de junio es de máximo 22°C y de mínimo 17°C, así que tomaremos el promedio que es 19.5°C.

t = Tiempo máximo de despeje de la falla (seg).

- (2014)Se toma de los tiempos de operación en las curvas características de los equipos de protección como interruptores, reconectores o fusibles, el cual puede estar entre 0,5 y 1,5 segundos. Tomaremos el promedio el cual es de 1 segundo.

$$Ac = 16259.1397 \text{ cm}$$

$$Ac = 16259.1397(5 \times 10^{-4})$$

$$1 \text{ cm} = 5 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

$$Ac = 8.1295 \text{ mm}^2$$

$$Ac = 2.85 \text{ mm}$$

El calibre del conductor sale delgado porque usamos el dato de 250°C que es un empalme pernado, si se tomaría el dato del empalme soldado el calibre saldría un poco mayor ayudando a que la malla a tierra sea más robusta.

La norma 060-802 (Anexos) exige como calibre mínimo el conductor 2/0 AWG (10.52 mm) cobre, con el fin de tener mejor la rigidez mecánica del conductor.

3.6 Propuesta económica del sistema de Puesta a Tierra independiente para centros de cómputo

COSTOS PARA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS POZOS A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - TRUJILLO						
I.- SUMINISTRO DE MATERIALES						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRA D O	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIA L (S/.)	SUBTOT AL (S/.)
1.00	Electrodo de cobre de 5/8"x2.4 m	unid	6.00	185.00	1,110.00	
2.00	Cemento conductivo de 25 Kg. marca conducete o similar	bolsa	6.00	175.00	1,050.00	
3.00	Soldadura Exotérmica tipo barra conductor	unid	6.00	70.00	420.00	
4.00	Tierra de cultivo para pozo a tierra	m3	6.00	25.00	150.00	
5.00	Caja de registro con tapa	unid	6.00	55.00	330.00	
6.00	Pintura para señalización de pozo a tierra	galón	6.00	10.00	60.00	
COSTO DIRECTO MATERIALES					S/.	3,120.00
TOTAL					S/.	3,120.00

Tabla 3.18

II.- MANO DE OBRA: INSTALACIÓN DE POZO A TIERRA						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDA D	METRA D O	P. UNITARIO (S/.)	P. PARCIA L (S/.)	SUBTOTA L (S/.)
1.00	Excavación en terreno natural	m3	6.00	35.00	210.00	
2.00	Instalación de puesta a tierra con cemento conductivo	unid	6.00	220.00	1,320.00	
3.00	Relleno y compactado	m3	6.00	30.00	180.00	
4.00	Soldadura exotérmica de varilla y cable	unid	6.00	80.00	480.00	
5.00	Instalación de Caja de registro con tapa	unid	6.00	25.00	150.00	
6.00	Pintado de señalización	unid	6.00	25.00	150.00	
7.00	Protocolo de pruebas de resistividad a los 06 meses	unid	6.00	130.00	780.00	
COSTO DIRECTO MANO DE OBRA					S/.	3,270.00
COSTO TOTAL MATERIALES MANO DE OBRA						3,270.00
GASTOS GENERALES				10.00%	S/.	3270.0
UTILIDAD				5.00%	S/.	163.50
COSTO INCLUYE IGV		TOTAL				3,760.50

Tabla 3.19

Se da a entender mediante estos cuadros que en general la instalación de Interconexión de Pozos a Tierra es relativamente económica.

<u>COSTOS DE INSTALACIÓN DEL CONDUCTOR PARA CONSTRUCCIÓN DE INTERCONEXIÓN DE PUESTA A TIERRA DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO</u>						
I.- SUMINISTRO DE MATERIALES						
ITEM	DESCRIPCION	UNIDA D	METRAD O	P. UNITARI O (S/.)	P. PARCIA L (S/.)	SUBTOTA L (S/.)
1.00	Cable de cobre de 3mm	m	40.00	5.00	200.00	
2.00	Cemento conductivo de 25 Kg. marca condúcete o similar	bolsa	6.00	175.00	1,050.00	
3.00	Soldadura Exotérmica tipo barra conductor	unid	6.00	70.00	420.00	
4.00	Tierra de cultivo para unión a tierra	m3	40.00	25.00	1,000.00	
		COSTO DIRECTO MATERIALES			S/.	2,670.00
		TOTAL			S/.	2,670.00

Tabla 3.20

IV.- Discusión

A partir de los datos encontrados verificamos que casi la mitad de Pozos a tierra no cumplen con los requisitos necesarios que encontramos en el código nacional de electricidad y algunas normas establecidas, también que la mayoría de estos resultados arrojados no concuerdan con los informes en poder de la oficina de obras , la encargada de velar por este sistema, en un informe de marzo de 2017 se tomaron las resistividad y todos tenían menos de 7 u 8 ohm, por lo tanto existe un diferencia de datos encontrados entre este trabajo y el informe anteriormente mencionado.

También se corroboró que como señala Yanque Tomasevich, Mirko Mashenko (2006) limpiar, lijar y regar la puesta a tierra antes de medir su resistividad si ayuda considerablemente a bajar esta, ya que cuando se media tal y como se encontraba, el número de ohms en el telurómetro era mayor, esto concuerda en la obtención de datos.

La propuesta de mantenimiento y los métodos para bajar la resistividad de los pozos a tierra tienen concordancia con Crisóstomo Pérez, Carlos (2014) y Yanque Tomasevich, Mirko Mashenko (2006). Estos autores recomiendan el uso de químicos en el terreno además de mantener húmedo este, tal como se sostiene en el presente trabajo de investigación. Además de que Osinerming también recomienda el uso de cemento conductor y la soldadura Exotérmica.

La propuesta de una instalación de algunos pozos a tierra tiene similitud con los propuesto por Qqueshuayllo Cancha, Wilbert (2005), donde también se recomendó algunas cualidades y características semejantes al de este trabajo de investigación.

El diseño de mallas se encuentra en muchas industrias muy grandes tales como Casa Grande, Cartavio y Danper, así como también en universidades tales como la Universidad Nacional de Trujillo donde algunos pozos a tierra se encuentran en mallados.

La propuesta económica está de acorde con los precios estándares de las empresas especialistas en realizar este tipo de instalaciones tales.

La propuesta de una instalación de un sistema de puestas a tierra exclusivo para centros de cómputos y data center concuerda con la norma IEC 61000-5-2/1997 de interconexión a tierra, este sistema esto va a acorde con lo dictado por Hernández Morales Luis Adolfo

(2009), pero también no concuerda en la parte donde dice que sería económicamente muy costoso, ya que la universidad, como se extrajo los datos de resistividad del suelo, cuenta con un suelo muy tratable, en la Universidad César Vallejo sería solo implementarla sobre los Pozos a Tierra que se encuentren cerca de tableros que alimenten a equipos electrónicos.

V.- Conclusiones

- Se encontró una diferencia del 10% entre los Pozos a Tierra verificados en el plano, con los Pozos a Tierra encontrados en campo, además su estado externo en casi todos estos fue óptimo.
- Se halló que al momento de la evaluación del 100% de los Pozos a Tierra medidos, solo en 57.14% estaban en funcionamiento, dejando al otro 42.85% como inoperativos, de los que estaban operando solo la mitad de estos lo hacía cumpliendo los códigos y normas establecidas, es decir, solo el 28.57% del total eran Pozos a Tierra técnicamente aceptables.
- Se pudo llegar a aseverar que la calidad de suelo del campus universitario no es unánime en todas las zonas, pero que aun así es óptima para una buena instalación de electrodos a tierra, mientras que no se penetre muchos estratos, ya que, demostrado por las curvas de Orellana, la universidad tiende a no tener un buen terreno a capas muy profundas.
- Se propuso un sistema de mantenimiento para que los pozos a tierra se adecuen al Código Nacional de Electricidad y las normas vigentes.
- Se elaboró un plano actualizado con las ubicaciones más detalladas y se añadió el diagnostico de cada pozo en este.
- Se aproximó una inversión de 45 mil soles para que el sistema de protección a puesta a tierra este cumpliendo con los estándares actuales.
- Se verificó que el coste del sistema de puesta a tierra de dos pozos interconectados, exclusiva para sistemas de cómputo es económico, ya que la carga dada representa poco, haciendo que el conductor a unir pozos sea delgado, economizando su instalación.

VI.- Recomendaciones

Se recomienda brindarle un poco más que importancia al sistema de Puesta a Tierra, dada por su importancia al nivel de protección, ya que, se demuestra que no hay registro continuo, ni seguimiento a este.

También que se haga un estudio específico y detallado de suelo en capas mucho más profundas del campus de la Universidad ya que como se encuentra relativamente cerca del mar, el nivel de salinidad es difícil de calcular, además de desconocer exactamente la resistividad por capas de suelo.

Para laboratorios donde se encuentren equipos delicados y costosos se recomienda tener un diseño unidireccional, el cual impide que las descargas atmosféricas retornen al equipo y puedan hallarlo.

Para un estudio más completo se necesitará tener una disponibilidad completa sin restricciones por parte de la Universidad y poder entrar a todos los ambientes.

La limitante en el estudio fue no poder tener acceso a todos los Pozos a Tierra de la Universidad, lo cual afecta el diagnóstico general y la inversión total expuesta, haciendo como dice la estadística un nivel de confiabilidad de 1.96 con un error del 10%.

Hacer un estudio más profundo sobre los conductores que llegan a la barra del pozo a tierra y hacer una comparativa si es el correcto, según la tabla 17-19 del código Nacional de Electricidad.

VII.-Referencias

Referencias Bibliográficas

A.Morillas. 2012. *Muestreo en Poblaciones Finitas.* 2012.

2014. CONDESA. [En línea] 2014. <https://www.codensa.com.co/home>.

Dankhe. 1986. 1986.

Electro Castillo. 2017. Ferreteria Industrial y Electrica. [En línea] 2017. http://www.electrocastillo.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=87&Itemid=127.

Explorable. 2009. Muestreo por Conveniencia. [En línea] 16 de Setiembre de 2009. <https://explorable.com/es/muestreo-por-conveniencia>.

HERRERA, JOHN ASDRÚBAL y CASTRO HERNANDEZ, OMAR. 2003. *CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA DE UNA SUBESTACIÓN.* España : s.n., 2003.

HUAYANE, Carlos Alberto MANANI. 2013. *SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y PROTECCIÓN EQUIPOTENCIAL PARA SISTEMAS DE CÓMPUTO.* Huancayo : s.n., 2013.

iJSAC INGENIERIA ELECTRICA . 2017. Mantenimiento Pozos a Tierra. [En línea] 2017. <http://ijsac.com.pe/index.php/pozos-a-tierra/mantenimiento-de-pozo-a-tierra-2/>.

Ingenieria, Consorcio de. 2013. *Mantenimiento Pozos a Tierra.* [En línea] 2013. <http://www.consorcioingenieria.com/mantenimiento-protocolo-pozo-a-tierra-mantenimiento.html>.

Leon, Guanajuato. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA. *TEORÍA, DISEÑO, MEDICIÓN y MANTENIMIENTO.* Mexico : s.n.

M.Sebastian, Jose y Gonzalez, Pedro. 2012. *Instalaciones Electricas Interiores.* España : Alatar SA, 2012.

Osinermin. 2015. Calculo de puestas a tierra consideraciones. [En línea] Febrero de 2015. <http://www.osinergminorienta.gob.pe/documents/54705/339840/capitulo+6.pdf>.

—. **2014.** Mediciones de Parametros asociados. [En línea] Osinermin Orienta, Diciembre de 2014.

<http://www.osinergminorienta.gob.pe/documents/54705/340006/capitulo+7.pdf>.

- Para Rayos SAC.** Manual para Puestas a Tierra. [En línea] <http://www.eliseosebastian.com/documentos/ManualPuestaTierra.pdf>.
- Peruana, Norma Técnica. 1999.** *SEGURIDAD ELÉCTRICA. Elección de los materiales.* Lima : s.n., 1999.
- POMALAYA TACURI, Rodolfo. 2013.** *Sistema de Puestas Tierra.* Lima : s.n., 2013.
- Porto, Julián Pérez y Merino, María . 2015.** Definicion.pe. [En línea] 2015. <https://definicion.de/puesta-a-tierra/>.
- Qqueshuayllo Cancha, Wilbert Rene. 2005.** Diseño y Ejecución de una Puesta a Tierra de Baja Resistencia. Lima : UNMSM, 2005.
- Rojas, Ing.Gregor. 2006.** *MANUAL DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA .* 2006.
- 2018.** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. [En línea] Junio de 2018. [Citado el: 12 de Junio de 2018.] <https://www.senamhi.gob.pe/>.
- Tomasevich, Mirko Mashenko Yanque. 2006.** Diseño de redes de Puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna. 2006.

VIII.-Anexos

8.1 Artículos Código Nacional de Electricidad

Reglas

060-000(Anexos 1)

(1) Esta Sección cubre la protección de las instalaciones eléctricas por medio de la puesta a tierra y del enlace equipotencial o conductor de protección.

(2) Se acepta como medidas que proveen una protección adicional a la puesta a tierra, o como alternativas a las mismas, cuando el Código lo permita, a las siguientes:

Aislamiento eléctrico, separación física de los circuitos y barreras mecánicas contra contacto accidental.

060-702(Anexos 2)

Un electrodo de varilla debe tener las siguientes características:

(a) Ser un producto aprobado, de cobre o de acero revestido con cobre (acero-cobre), con diámetro no inferior a 16 mm (o 5/8 pulgada) para electrodos de acero-cobre y 13 mm (o 1/2 pulgada) para electrodos de cobre; y

(b) Tener una longitud no menor de 2 m; y

(c) Tener una superficie metálica limpia que no esté cubierta con pintura, esmalte u otro material de baja conductividad; y

(d) Alcanzar una profundidad no menor de 2,5 m para cualquiera que sea el tamaño o número de varillas que se utilicen.

060-712

El valor de la resistencia de la puesta a tierra debe ser tal que, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a las permitidas y no debe ser mayor a 25 Ω .

Cuando un electrodo simple, consistente en una varilla, tubería o placa, tenga una resistencia a tierra mayor de 25 Ω , es necesario instalar un electrodo adicional a una distancia de por lo menos 2 m, o a una distancia equivalente a la longitud del electrodo; o se debe emplear cualquier otro método alternativo.

0.17.B.

- *En centro urbano o urbano rural* *6 ohms*
- *En localidades aisladas o zonas rurales* *10 ohms*

036.D.

Cuando tenga que disminuirse la resistencia de puesta a tierra se podrá usar otros métodos, como puede ser el empleo de tratamiento químico o suelos artificiales, que deberán ser

aceptables y certificados por una entidad especializada e imparcial competente, asegurándose que dichos tratamientos no atenten contra el medio ambiente.

060-806 Instalación de Conductores del Sistema de Puesta a Tierra

El conductor de puesta a tierra de un sistema no debe tener uniones ni empalmes a lo largo de toda su longitud, con excepción de las barras, uniones por soldadura exotérmica, conectores de compresión aplicados con una herramienta de compresión compatible con el tipo de conector a aplicarse, o donde sea necesario el control de corrientes de dispersión a tierra, caso en el que debe emplearse dispositivos adecuados para conexiones en serie con el conductor de puesta a tierra.

060-802 Material del Conductor de Puesta a Tierra

El conductor de puesta a tierra de un sistema de alambrado, ya sea que se use o no para conectar a tierra el equipo eléctrico, puede ser desnudo o aislado y debe ser de cobre.

060-806 Instalación de Conductores del Sistema de Puesta a Tierra

(1) El conductor de puesta a tierra de un sistema no debe tener uniones ni empalmes a lo largo de toda su longitud, con excepción de las barras, uniones por soldadura exotérmica, conectores de compresión aplicados con una herramienta de compresión compatible con el tipo de conector a aplicarse, o donde sea necesario el control de corrientes de dispersión a tierra, caso en el que debe emplearse dispositivos adecuados para conexiones en serie con el conductor de puesta a tierra.

8.2 Mediciones de Puestas a Tierra













8.3 Características de los equipos utilizados y certificados

	LABORATORIO DE CALIBRACIONES Formato:GTE-LAB-REG-015 Página: 1 de 2								
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 168748									
Datos Generales									
Solicitante	JEGAL INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.								
Dirección	CAL MARIA PARADO DE BELLIDO NRO. 325 URB. ANDRES RAZURI - TRUJILLO - LA LIBERTAD								
Equipo	TELUROMETRO								
Marca	Minipa								
Modelo	MTR-1520D								
Número de serie	9649019								
Fecha de Calibración	2016-08-17								
Registro	14-6205								
Método de Calibración									
Por comparación directa con nuestro Patrón Se han tomado cinco lecturas por cada valor nominal.									
Patrón(es) utilizado(s).									
<table border="1"><thead><tr><th>Descripción</th><th>N° de serie</th><th>Trazabilidad</th><th>Validez</th></tr></thead><tbody><tr><td>MULTIMETRO DIGITAL 7 1/2 DIGITOS Marca:TIME ELECTRONICS Modelo:5075</td><td>1380G14</td><td>Time Electronics Certificado N°: 0402380 (UKAS) Calibrado 2016-03-09</td><td>2 año(s)</td></tr></tbody></table>	Descripción	N° de serie	Trazabilidad	Validez	MULTIMETRO DIGITAL 7 1/2 DIGITOS Marca:TIME ELECTRONICS Modelo:5075	1380G14	Time Electronics Certificado N°: 0402380 (UKAS) Calibrado 2016-03-09	2 año(s)	
Descripción	N° de serie	Trazabilidad	Validez						
MULTIMETRO DIGITAL 7 1/2 DIGITOS Marca:TIME ELECTRONICS Modelo:5075	1380G14	Time Electronics Certificado N°: 0402380 (UKAS) Calibrado 2016-03-09	2 año(s)						
Lugar de la Calibración									
Realizada en las instalaciones de Laboratorio de Calibraciones de LOGYTEC S.A. Calle Isidoro Suárez # 236 - San Miguel - Lima									
Condiciones Ambientales									
<table border="1"><thead><tr><th>Temperatura Ambiente</th><th>Humedad Relativa</th></tr></thead><tbody><tr><td>22,5 °C ± 1 °C</td><td>60,0 % ± 5 %</td></tr></tbody></table>	Temperatura Ambiente	Humedad Relativa	22,5 °C ± 1 °C	60,0 % ± 5 %					
Temperatura Ambiente	Humedad Relativa								
22,5 °C ± 1 °C	60,0 % ± 5 %								
Nota									
Los resultados expresados en este Certificado son válidos únicamente para la unidad ensayada, no siendo extensivos a otras unidades aun cuando fueran del mismo tipo y lote.									
La incertidumbre total expandida está basada en una incertidumbre patrón combinada multiplicada por un factor de expansión k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%									
									

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 168748

Resultado de la calibración

Resistencia

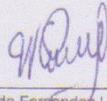
Rango	Nominal	Patrón	Lectura	Error	μ (K=2)
20 Ω	5 Ω	5,02414 Ω	4,86 Ω	-0,164 Ω	0,058 Ω
	10 Ω	10,0142 Ω	9,89 Ω	-0,124 Ω	0,058 Ω
	15 Ω	15,0383 Ω	14,89 Ω	-0,148 Ω	0,087 Ω
200 Ω	50 Ω	50,0508 Ω	49,5 Ω	-0,55 Ω	0,08 Ω
	100 Ω	99,965 Ω	99,6 Ω	-0,37 Ω	0,13 Ω
	150 Ω	150,015 Ω	150,2 Ω	0,19 Ω	0,18 Ω
2000 Ω	500 Ω	499,977 Ω	502 Ω	2,0 Ω	0,8 Ω
	1000 Ω	1000,19 Ω	1002 Ω	1,8 Ω	1,3 Ω
	1500 Ω	1500,16 Ω	1505 Ω	4,8 Ω	1,8 Ω

E.M.P. de Instrumento: 2% del fondo de escala.

Observaciones

Del resultado de las mediciones se concluye que el instrumento se encuentra calibrado.

Calibrado por:



Eduardo Fernández Ulfee
 Laboratorio de calibraciones

 **LOGYTEC S.A.**
 LABORATORIO - CALIBRACIONES

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Issued by
ABSOLUTE CALIBRATION LIMITED

DATE OF ISSUE 9 March 2016

CERTIFICATE NUMBER 0402380



0078



Absolute Calibration Limited

14 Murrills Estate, Portchester
Hampshire, England, PO16 9RD
Telephone 023 92321712
Facsimile 023 92210034
Service Facsimile 023 92327100
www.absolute-cal.co.uk

Page 1 of 9 Pages

Approved Signatory

M. Funnell

M Funnell
S Whittingham
D Kingswell
A Francis
G Mills
S Patabendi

Manufacturer: Time
Description: Digital Multimeter
Type Number: 5075
Serial Number: 1380G14
Customer Reference: _____
Customer Code: TIM004
Customer: Time Electronics Limited
Unit 11
Sovereign Way
Tonbridge
Kent

On Behalf Of: Logytec S.A
Order Number: 21322
Instrument Receipt Date: 4 March 2016
Laboratory Temperature: 20.0 °C ± 3.0 °C
Laboratory Humidity: (55 ± 20) % rh
Unit Stabilisation Time: 1 hour
Calibration Procedure: CP1070
Calibration Engineer: J Youngs
Calibration Date: 9 March 2016
This report contains:
Recorded results with no adjustments
Pre and post adjustment results
Post repair results
Results recorded at Customer site

This certificate is issued in accordance with the laboratory accreditation requirements of the United Kingdom Accreditation Service. It provides traceability of measurement to the SI system of units and/or to units of measurement realised at the National Physical Laboratory or other recognised national metrology institutes. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written permission of the issuing laboratory.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 2 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

DC Voltage Accuracy – Before Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u> (10 ppm + 3 μV)	<u>5075 Display</u>
3 mV	3.000 0 mV		2.99968 mV
10 mV	10.000 0 mV		9.99967 mV
30 mV	30.000 0 mV		30.0004 mV
100 mV	100.000 0 mV		100.0027 mV
300 mV	300.000 mV		300.012 mV
1 V	1.000 000 V -1.000 000	(10ppm+3μV)	1.000011 V -1.000019
3 V	3.000 00 V -3.000 00	(10ppm+3μV)	3.00010 V -3.00011
10V	10.000 00 V -10.000 00 9.000 00 -9.000 00 8.000 00 -8.000 00 7.000 00 -7.000 00 6.000 00 -6.000 00 5.000 00 -5.000 00 4.000 00 -4.000 00 3.000 00 -3.000 00 2.000 00 -2.000 00 1.000 00 -1.000 00	(10ppm+3μV)	10.00013 V -10.00013 9.00017 -9.00019 8.00016 -8.00009 7.00009 -7.00013 6.00009 -6.00015 5.00014 -5.00011 4.00011 -4.00008 3.00009 -3.00010 2.00009 -2.00005 0.99994 -1.00005
30 V	30.000 0 V -30.000 0	10 ppm	30.0003 V -30.0002
100 V	100.000 0 V -100.000 0	10 ppm	100.0011 V -100.0009

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 3 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

DC voltage Accuracy – Before Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
300 V	300.000 V	20 ppm	300.015 V
1 kV	1.000 000 kV	20 ppm	1.000053 kV
3 kV	1.000 000 kV	20 ppm	1.00003 kV
10 kV	1.000 000 kV	20 ppm	1.00007 kV

DC Current Accuracy – Before Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
10 µA	10.000 00 µA	0.04 %	9.99920 µA
100 µA	100.000 0	0.015%	100.0010 µA
1 mA	1.000 000 mA	0.01%	1.000016 mA
10 mA	10.000 00 mA -10.000 00	0.01%	10.00004 mA -10.00015
100 mA	100.000 0 mA	0.01%	99.9967 mA
1A	1.000 000 A	0.02%	0.999967 A
10 A	10.000 00 A	0.05%	10.00251 A
30 A	10.000 0 A	0.05%	9.9991 A

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 4 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

AC Voltage at 200 Hz – Before Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
30 mV	20.000 mV	(0.02 % + 15 µV)	20.0024 mV
300 mV	200.00 mV	0.01%	199.989 mV
3 V	3.000 0 V 2.000 0 1.000 0	0.01%	2.99988 V 1.99989 0.99993
30 V	20.000 V	0.01%	19.9987 V
300 V	200.00 V	0.03 %	199.954 V

AC Voltage at 50 Hz – Before Adjustment

3 kV	1.000 kV	0.03%	0.99986 kV
------	----------	-------	------------

Frequency Response on 3V Range – Before Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
60 Hz	2.000 0 V	0.02 %	1.99978 V
500 Hz	2.000 0 V		1.99967 V
1 kHz	2.000 0 V		1.99984 V
5 kHz	2.000 0 V		1.99967 V
10 kHz	2.000 0 V		1.99960 V
20 kHz	2.000 0 V		1.99981 V

AC Current at 60 Hz – Before Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
300 µ A	200.00 µA	0.1 %	200.037 µA
3 mA	2.000 0 mA	0.1%	2.00002 mA
30 mA	20.000 mA	0.1%	19.9985 mA
300 mA	200.00 mA	0.1%	200.006 mA
3 A	2.000 0 A	0.1%	1.99786 A
30 A	10.000 A	0.1%	9.9989 A

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 5 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

Capacitance – Before Adjustment

<u>5075</u> <u>Range</u>	<u>Applied</u> <u>Value</u>	<u>Uncertainty ± of</u> <u>Applied Value</u>	<u>5075</u> <u>Display</u>
30 nF	9.930 2 nF	0.05 %	9.963 nF
300 nF	100.522 nF		100.50 nF
3 μF	0.992 32 μF		0.9923 μF

Frequency – Before Adjustment

<u>5075</u> <u>Range</u>	<u>Applied</u> <u>Value</u>	<u>Uncertainty ± of</u> <u>Applied Value</u>	<u>5075</u> <u>Display</u>
100 kHz	1.000 kHz	10 ppm	1.001 kHz
	5.000 kHz		5.001 kHz
	10.000 kHz		10.001 kHz
	20.000 kHz		20.001 kHz
	100.000 kHz		99.9995 kHz

Resistance – Before Adjustment

<u>5075</u> <u>Range</u>	<u>Applied</u> <u>Value</u>	<u>Uncertainty ± of</u> <u>Applied Value</u>	<u>5075</u> <u>Display</u>
100 mΩ	99.9873 mΩ	20 ppm	99.9788 mΩ
1 Ω	0.9999945 Ω	20 ppm	0.999994 Ω
10 Ω	9.999586 Ω	35 ppm	10.09758 Ω
100 Ω	99.99783 Ω	15 ppm	100.1084 Ω
1 kΩ	1.0000115 kΩ	15 ppm	1.000117 kΩ
10 kΩ	9.999844 kΩ	15 ppm	9.99994 kΩ
100 kΩ	99.99799 kΩ	15 ppm	99.9982 kΩ
1 MΩ	0.9999654 MΩ	35 ppm	0.999945 MΩ
10 MΩ	9.999492 MΩ	65 ppm	9.99916 MΩ
100 MΩ	100.00756 MΩ	250 ppm	99.9562 MΩ
1 GΩ	0.997752 GΩ	0.1 %	0.99632 GΩ

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 6 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

DC Voltage Accuracy – After Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
3 mV	3.000 0 mV	(10 ppm + 3 μV)	2.99974 mV
10 mV	10.000 0 mV		10.00019 mV
30 mV	30.000 0 mV		30.0003 mV
100 mV	100.000 0 mV		100.0008 mV
300 mV	300.000 mV		300.005 mV
1 V	1.000 000 V -1.000 000	(10ppm+3μV)	1.000021 V -1.000022
3 V	3.000 00 V -3.000 00	(10ppm+3μV)	3.00002 V -3.00005
10V	10.000 00 V -10.000 00 9.000 00 -9.000 00 8.000 00 -8.000 00 7.000 00 -7.000 00 6.000 00 -6.000 00 5.000 00 -5.000 00 4.000 00 -4.000 00 3.000 00 -3.000 00 2.000 00 -2.000 00 1.000 00 -1.000 00	(10ppm+3μV)	10.00015 V -10.00018 9.00005 -9.00016 8.00013 -8.00012 7.00008 -7.00015 6.00011 -6.00007 5.00007 -5.00006 4.00012 -4.00001 3.00002 -3.00005 2.00004 -2.00006 0.99993 -1.00005
30 V	30.000 0 V -30.000 0	10 ppm	30.0006 V -30.0005
100 V	100.000 0 V -100.000 0	10 ppm	100.0025 V -100.0023

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 8 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

AC Voltage at 200 Hz – After Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u> (0.02 % + 15 µV)	<u>5075 Display</u>
30 mV	20.000 mV		20.0031 mV
300 mV	200.00 mV	0.01%	199.973 mV
3 V	3.000 0 V	0.01%	2.99989 V
	2.000 0		1.99986
	1.000 0		0.99994
30 V	20.000 V	0.01%	19.9970 V
300 V	200.00 V	0.03 %	199.945 V

AC Voltage at 50 Hz – After Adjustment

3 kV	1.000 kV	0.03%	0.99993 kV
------	----------	-------	------------

Frequency Response on 3V Range – After Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
60 Hz	2.000 0 V	0.02 %	1.99949 V
500 Hz	2.000 0 V		1.99963 V
1 kHz	2.000 0 V		1.99968 V
5 kHz	2.000 0 V		1.99963 V
10 kHz	2.000 0 V		1.99949 V
20 kHz	2.000 0 V		1.99968 V

AC Current at 60 Hz – After Adjustment

<u>5075 Range</u>	<u>Applied Value</u>	<u>Uncertainty ± of Applied Value</u>	<u>5075 Display</u>
300 µ A	200.00 µA	0.1 %	200.032 µA
3 mA	2.000 0 mA	0.1%	2.00011 mA
30 mA	20.000 mA	0.1%	19.9989 mA
300 mA	200.00 mA	0.1%	200.001 mA
3 A	2.000 0 A	0.1%	1.99838 A
30 A	10.000 A	0.1%	9.9993 A

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.

CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE NUMBER

0402380

Page 9 of 9 Page

UKAS Accredited Calibration Laboratory no. 0078

Parameter Tested

Capacitance – After Adjustment

5075 Range	Applied Value	Uncertainty ± of Applied Value	5075 Display
30 nF	9.930 2 nF	0.05 %	9.965 nF
300 nF	100.522 nF		100.53 nF
3 µF	0.992 32 µF		0.9925 µF

Frequency – After Adjustment

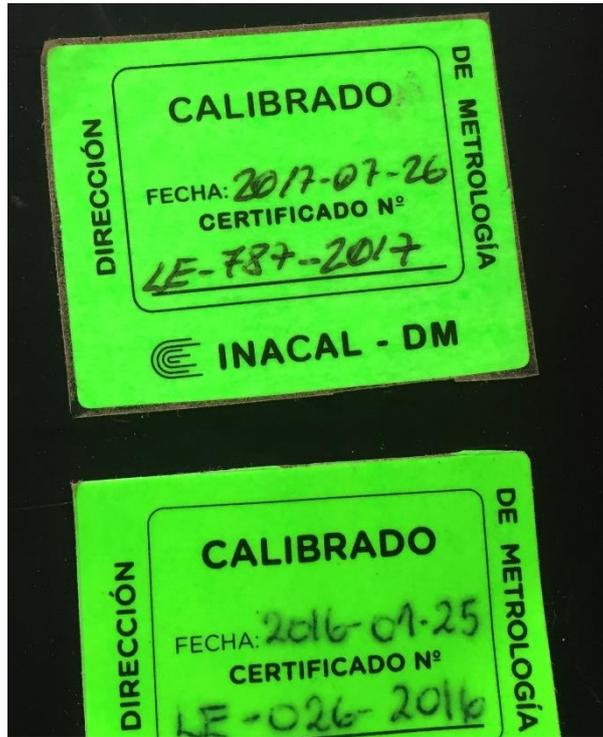
5075 Range	Applied Value	Uncertainty ± of Applied Value	5075 Display
100 kHz	1.000 kHz	10 ppm	1.001 kHz
	5.000 kHz		5.001 kHz
	10.000 kHz		10.001 kHz
	20.000 kHz		20.001 kHz
	100.000 kHz		100.0005 kHz

Resistance – After Adjustment

5075 Range	Applied Value	Uncertainty ± of Applied Value	5075 Display
100 mΩ	99.9873 mΩ	20 ppm	99.9788 mΩ
1 Ω	0.9999945 Ω	20 ppm	0.999993 Ω
10 Ω	9.999586 Ω	35 ppm	9.99953 Ω
100 Ω	99.99783 Ω	15 ppm	99.9969 Ω
1 kΩ	1.0000115 kΩ	15 ppm	0.999996 kΩ
10 kΩ	9.999844 kΩ	15 ppm	10.00003 kΩ
100 kΩ	99.99799 kΩ	15 ppm	99.9978 kΩ
1 MΩ	0.9999654 MΩ	35 ppm	0.999943 MΩ
10 MΩ	9.999492 MΩ	65 ppm	9.99869 MΩ
100 MΩ	100.00756 MΩ	250 ppm	99.9477 MΩ
1 GΩ	0.997752 GΩ	0.1 %	0.99562 GΩ

The uncertainties reported refer to the measured values only with no account being taken of the instrument's ability to maintain its calibration.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k=2$, providing a coverage probability of approximately 95%. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with UKAS requirements.



8.3 Mediciones de la Resistividad del Terreno







