

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS Y LA RESISTENCIA DE LA PUESTA A TIERRA

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF THE RELATIONSHIP OF THE DISTANCE BETWEEN ELECTRODES AND THE RESISTANCE OF THE GROUNDING

Ing. Roberto Carlos Ortega Ordoñez¹ -Mg. Darwin Rolando Moreta Yandun² -Mg. Alex Fabian Estrella Quispe³ -Est. León Soria, Elizabeth Mishell⁴ -Est. Bamonte Ostaiza, Henry Darío⁵

Resumen

Esta investigación fue realizada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en la parroquia rural Puerto Limón sector San Miguel de los Colorados. Es fundamental para el desarrollo práctico y teórico en lo profesional al momento de estudiar sobre el análisis del comportamiento de la relación de la distancia entre electrodos y la resistencia de la puesta a tierra por lo tanto, se realizó esta investigación de campo para obtener datos reales, discutidos y comparados con lo que se establece en las normas internacionales y nacionales, por este motivo se realizó encuestas por medio del formulario del G-SUITE de Google a quienes ejercen la profesión eléctrica. La idea principal fue crear un estudio experimental propio para conocer el comportamiento de este fenómeno eléctrico y así aclaramos las dudas que se vienen en el momento de realizar un trabajo de este tipo y como poderlo realizar sin problema. Se considero un terreno libre y de poca afluencia de personas y vehículos ya que al desarrollar las pruebas ocupamos mucho espacio en la ejecución de las zanjas y huecos para las puestas a tierra de diferentes distancias entre electrodos, se realizó las mediciones de los valores de resistencia de cada prueba con el telurómetro EM480D y se consideró en condiciones similares los factores ambientales. **Palabras clave:** Electrodos, Resistencia, distancia entre electrodos, puesta a tierra, comunidad técnica, normas internacionales y nacionales.

Abstract

This research was carried out in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas in the rural parish of Puerto Limón, in the San Miguel de los Colorados sector. It is fundamental for the practical and theoretical development in the professional when studying the analysis of the behavior of the relationship between the distance between electrodes and the resistance of the grounding, therefore, this field research was carried out to obtain real data. , discussed and compared with what is established in international and national standards, for this reason surveys were carried out through the Google G-SUITE form to those who exercise the electrical profession. The main idea was to create an experimental study of its own to know the behavior of this electrical phenomenon and thus clarify the doubts that arise at the time of carrying out a work of this type and how to carry it out without problem. It was considered a free land with little influx of people and vehicles since when developing the tests we occupied a lot of space in the execution of the ditches and holes for the grounding of different distances between electrodes, the measurements of the resistance values were made of each test with the EM480D tellurometer and environmental factors were considered under similar conditions.

Keywords: Electrodes, Resistance, distance between electrodes, grounding, technical community, international and national standards.

ESPACIOS Y EXPERIENCIAS Junio, V1-N1.2020

- ✓ **Recibido:** 19/01/2020
- ✓ **Aceptado:** 28/03/2020
- ✓ **Publicado:** 24/06/2020

 **PAÍS:**
Ecuador

INSTITUCIÓN:

-  Instituto Superior Tecnológico Tsáchila
-  Instituto Superior Tecnológico Tsáchila
-  Instituto Superior Tecnológico Tsáchila
-  Instituto Superior Tecnológico Tsáchila
-  Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

CORREO:

- ➔ ¹robertoortega@tsachila.edu.ec
- ➔ ²darwinmoreta@tsachila.edu.ec
- ➔ ³alexestrella@tsachila.edu.ec

ORCID:

¹ <https://orcid.org/0000-0003-1121-7507>

² <https://orcid.org/0000-0003-0112-2635>

FORMATO DE CITA APA.

Ortega, R. C., Moreta, D. R., Estrella, A. F., León, E. M., & Bamonte, H. D., (2020). Análisis del comportamiento de la relación de la distancia entre electrodos y la resistencia de la Puesta a Tierra. *Revista G-ner@ndo*, V°1(N°1),24-34.

Introducción

Uno de los principales problemas que se presentaron fue la falta de presupuesto o inversión del estado por este motivo la investigación se ejecutó con fondos propios lo cual retraso las muestras de campo por falta de materiales (Procobre, 2002). Otra problemática dentro de la investigación que se tuvo son las mediciones en climas similares como característica principal es la temperatura ambiente y la humedad del suelo para ello es necesario realizar las mediciones de la puesta a tierra. Para las pruebas existió una previa capacitación en manejo de equipos de medición y de las condiciones que se pueden presentar para evitar lecturas incorrectas de resistencia de puesta a tierra. Como parte indispensable es contar con el tiempo suficiente porque debe realizarse trabajos físicos para la instalación de los elementos de las puestas a tierra (Llorente, 2009).

Los fenómenos físicos en sistema de puesta a tierra han sido estudiados por países y empresas dedicadas a este tema, lo que les ha permitido desarrollar una tecnología para la creación de los productos de implementación, por este motivo el país a través del Estado Ecuatoriano con fondos públicos o con inversión privada debería fomentar la investigación científica y de campo para comenzar a recopilar información sobre este tema (Aliexpress, 2008). Al realizar la investigación de campo se obtendrá información sobre el comportamiento de los fenómenos físicos el cual es más verídica que realizar pruebas simples de laboratorio, se debe tomar en cuenta que al estudiar fenómenos físicos se debe considerar condiciones similares o iguales para que la información obtenida sea válida y concreta de dicho estudio. Con este estudio se toma experiencia en todas las actividades que se realizan en este trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electricidad, analizar el comportamiento de la relación de la distancia entre electrodos y la resistencia de la puesta a tierra (Aplicaciones Tecnológicas, 2018). Este tema ha sido revisado en normas internacionales y establecen que la separación entre electrodos debe ser el doble de longitud del electrodo para obtener un valor óptimo de la resistencia de la puesta a tierra, pero esta información no se

encuentra como contenido libre para el público. Existe el libro de Sistema de Puesta a Tierra en la página 24 de POCOBRE que realiza un estudio similar, pero con materiales distintos que ha sido como base para otros textos. Como referencia de la norma nacional INEN 250 del Código Eléctrico Nacional que hace referencia a parte del estudio para poder realizar el análisis y comparaciones necesarias en este proyecto (Mendoza & Blanco, 2006).

Es necesario aclarar que existe poca o escasa información de este tema y mucha de ella tienen un costo porque son normas internacionales como IEEE, IEC para poder acceder. Pero con las antes mencionadas se puede tomar como un punto de partida para nuestro proyecto (Ramírez & Cano, 2010).

En el país existe escasa información desarrollada o investigada sobre el tema de los sistemas de puesta a tierra y lo que existe está más encaminado indistintamente de su configuración o aplicación al mejoramiento de la puesta tierra y no a cada fenómeno físico esto hace que no se pueda crear tecnología propia para la implementación (Sistemas De Puesta A Tierra - Teoría, Diseño, Medición Y Mantenimiento, (s.f.). Para construir las puestas a tierra en el país utilizamos normativas internacionales como IEEE, IEC y la normativa nacional con el Código Eléctrico Nacional basado en el artículo 250, haciéndonos dependientes de lo que establece, por esta razón es suma importancia comenzar la investigación sobre este tema para obtener información del comportamiento que conlleva una puesta a tierra (Chauvin, 2015).. En otros países vecinos han dado este paso en la investigación donde han visto la necesidad de tener información propia para poder entender mejor cada instancia en su construcción, esto ayudaría a reducir tiempo de instalación y mejorar su diseño que se refleja en reducción de costos (CNEL, 2015).

Materiales y Métodos

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo porque recolecta datos numéricos de los fenómenos físicos o del comportamiento en momento de variar la distancia entre dos electrodos bajo condiciones similares o iguales después de la obtención los datos se proceden hacer las gráficas que se pueda obtener. El nivel de investigación de campo se caracteriza por permite la recolección de datos de forma directa de lugar donde sucede el fenómeno físico para su posterior estudio y también podemos ver los problemas o dificultades que representa realizar pruebas de campo. La investigación para este estudio es experimental analiza un conjunto de variables de forma cuantitativa manteniendo un enfoque científico para nuestro se considera pruebas de campo para la obtención de datos.

Análisis de Resultados

Verificación de la composición del terreno

Verificado que tipo de terreno podremos apreciar el valor de resistividad obtendríamos al trabajar en el terreno seleccionado. El tipo de terreno que se realizó es tipo humus teniendo una resistividad entre 10 a 150 Ω m.

Figura 1. Tipo de terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ω .m)
Terrenos pantanosos	De unas unidades a 30
Lodo	de 20 a 100
Humus	de 10 a 150
Margas del jurásico	de 30 a 40
Arena arcillosa	de 50 a 500
Arena silicea	de 200 a 3.000
Terreno pedregoso desnudo	de 1.500 a 3.000
Terreno pedregoso recubierto de césped	de 300 a 500
Calizas tiernas	de 100 a 300
Calizas agrietadas	de 500 a 1000
Micacita	800
Granitos y areniscas en alteración	de 1.500 a 10.000
Granitos y areniscas muy alterados	de 100 a 600

Nota: Guía para la comprobación de resistividad del terreno a ocupar

Cuando se realizó la instalación de los elementos de puesta a tierra, deben tener un buen contacto a tierra caso contrario no podríamos obtener datos óptimos para la muestra de resultados, procuramos realizar los puntos de unión con los equipos de protección para evitar quemaduras e intoxicación con los químicos que produce la suelta exotérmica, al momento de la compactación del terreno se lo realizo bien para que no quede libre la puesta a tierra con huecos. Al recibir la capacitación sobre los equipos de medición se utilizó y se manipulo estos instrumentos como son el telurómetro EM480D y el multímetro digital DT9208A por cuenta propia, ya que al no tener la suficiente experiencia de manipulación sobre el funcionamiento del equipo podríamos causar daños al equipo, como también obtener resultados erróneos para la muestra de toma de información para la presente investigación.

Figura 2. Comprobación multímetro



Elaborado por: grupo investigador

Cuando se tomó las muestras de las puestas a tierra a diferentes distancias entre electrodos tratamos de trabajar a similares condiciones como son temperatura y humedad ya que se nos hizo muy difícil por el clima variado que sufrimos estos meses, por lo que tratamos

de realizarlas a similares condiciones ya que no se pudo a condiciones controladas por estar en un lugar abierto sin protección, resultados de las resistencias tomadas fueron tabulada

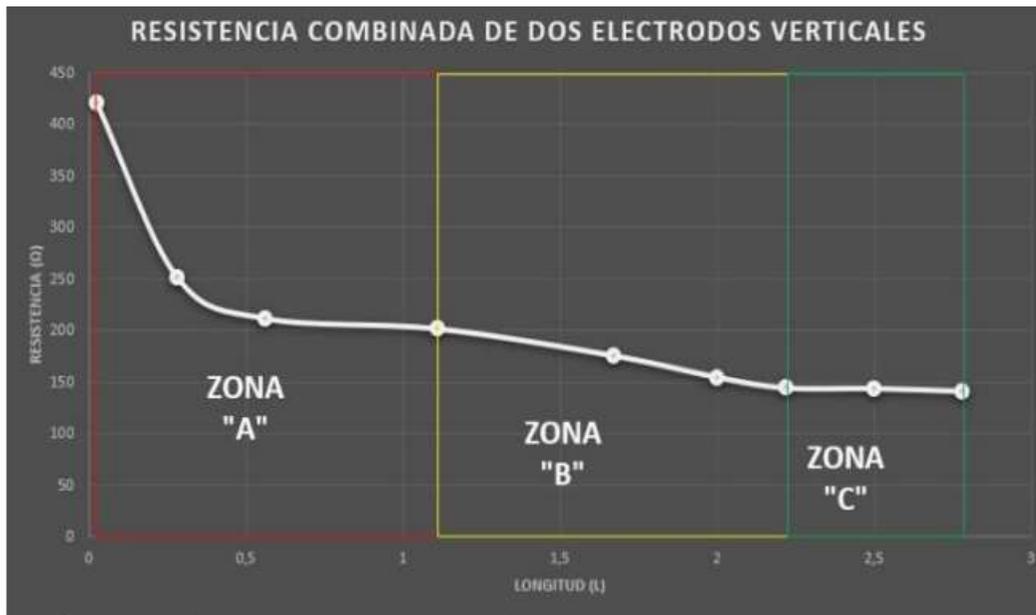
Tabla 1. Muestra de Campo

Distancia entre dos electrodos		Resistencia fase 1	Resistencia fase 2	Resistencia promedio
L	m			
0.02	0.04	425 Ω	416 Ω	420.50 Ω
0.28	0.50	251 Ω	251Ω	251.00 Ω
0,56	1.00	220 Ω	203 Ω	211.50 Ω
1.11	2.00	203 Ω	200 Ω	201.50 Ω
1.67	3.00	176 Ω	175 Ω	175.50 Ω
2.00	3,60	156 Ω	153.5 Ω	154.75 Ω
2.22	4.00	143.8 Ω	144,7 Ω	144.25 Ω
2.50	4.50	144.50 Ω	144.50 Ω	144.50 Ω
2.78	5.00	141.10 Ω	141,10 Ω	141.10 Ω

Nota: datos obtenidos en pruebas de campo para el estudio del fenómeno físico del sistema de puesta a tierra. **Elaborado por:** grupo investigador

Así se obtiene un promedio de las lecturas tomadas de nuestra curva característica de la figura 14 de este fenómeno físico de la puesta a tierra que es similar a la que se investigó en las normas, la cual hemos dividido en 3 zonas que encontramos importantes e interesantes se las designa como zona A o zona crítica, la zona B o zona decreciente o de estabilización y la zona C o zona óptima.

Figura 3. Resistencia combinada de los electrodos verticales.



Nota: presentación de la distancia entre electrodos segunda la longitud de L electrodos la resistencia de la puesta a tierra. **Elaborado por:** Grupo investigador

- La Zona “A” que se encuentra bajo la curva de la figura 14, se la denomina Zona Crítica por tener los valores de resistencia más alta con distancias entre electrodos muy pequeñas.

- La Zona “B” que se encuentra bajo la curva de la figura 14, se pudo observar que existe descenso de los valores de resistencia al aumentar la distancia entre los dos electrodos. Se debe aclarar que no se utilizó ninguno compuesto químico o mineral para mejorar el valor de la resistencia.

- La Zona “C” que se encuentra bajo la curva de la figura 14, en esta última zona se ve un comportamiento casi lineal porque los valores de resistencia son similares, esta 30 zona parte de 2L en adelante, tomando como punto óptimo de nuestro estudio a 2,22 L de la separación entre los dos electrodos.

- Una vez realizada las pruebas de campo y mediciones se retiró todo el material incluido los electrodos instalados.

Figura 4. Resistencia combinada de los electrodos verticales



Nota: ilustración presentada de la distancia entre electrodo en metros vs la resistencia de la puesta a tierra. **Elaborado por:** Grupo Investigador

Análisis económico del proyecto de integración curricular en la compra y adquisición de materiales para el proyecto hicimos un análisis de las diferentes cotizaciones de cada uno de los almacenes eléctricos, para nuestra implementación utilizaremos electrodos de 1.8 m x 5/8 in por tema económico y no los de 2.40 m que establece el Código Eléctrico Nacional artículo 250 que predomina para estudios.

Tabla 2. Material adquirido

N°	Materiales y Mano De Obra	Costo	Cant.	Días/L	Horas	Int.	Total
1	Electrodos 1,80m x 5/6" in	\$ 4,50	40				\$ 179,99
2	Conductor De Cobre (Cu) # 2 AWG	\$ 4,65	30				\$ 139,54
3	Molde de Grafito Tipo "T"	\$ 78,06	1				\$ 78,06
4	Suelda Exotérmica de 90 g	\$ 3,83	40				\$ 153,06
5	Multímetro Digital	\$ 100,00	1				\$ 100,00
6	Telurómetro	\$ 50,00	4	4	8		\$ 200,00
7	Transporte	\$ 7,00	14	7		2	\$ 98,00
8	Alimentación	\$ 2,50	14	7		2	\$ 35,00
9	Días Trabajados de Campo	\$ 3,66	112	7	8	2	\$ 409,92
						Total	\$ 1.393,57

Nota. Muestra de listado de materiales y la inversión de este estudio del Proyecto de Integración Curricular

Conclusiones

Al momento de aumentar cada 0,50 m la distancia entre dos electrodos la resistencia de la misma se va reduciendo. En nuestro estudio las gráficas obtenidas con los resultados tomados en campo forman una función decreciente al aumentar la variable x (separación entre electrodos) disminuye la variable y (resistencia en Ω). Analizando en función de la longitud del electrodo (L) se obtiene que a 0,02 L (0,04m) hasta 1,11L (2m) los valores de resistencia son críticos, se puede observar en la figura 10 dentro de la ZONA "A".

Analizando en función de la longitud del electrodo (L) se obtiene que a 1,11 L (2m) hasta 2,22L (4m) los valores de resistencia van decreciendo, se puede observar en la figura 10 dentro de la ZONA "B". Analizando en función de la longitud del electrodo (L) se obtiene que a 2,22L

(4m) hasta una distancia N sus valores son semejantes, por consiguiente, al aumentar la longitud del conductor entre electrodos el resultado de las resistencias es mínima y casi despreciables, se puede observar en la figura 10 dentro de la ZONA “C”.

En el estudio realizado bajo las pruebas de campo hemos observado que el punto óptimo de la curva es a partir de los 2,22L (4m) de distancia entre electrodos. Se puede concluir que un ambiente controlado se puede obtener que el punto óptimo 2L como estable algunos textos y las normas. Las pruebas de campo fueron realizadas bajo características similares tales como temperatura, misma profundidad de zanjas, terreno y materiales (electrodos de 1L (1,80 m x 5/8 in), conductor Cu desnudo calibre número 2 AWG (7,41 mm), suelda exotérmica de 90 gramos).

Al instalar dos electrodos unidos y hacer las mediciones de resistencia obtenemos valores muy cercanos al instalar un solo electrodo. Por esta razón al utilizar dos electrodos aumentaría en costo de la implementación de la puesta a tierra sin tener mejoras relevantes.

Referencias

Llorente Antón, M. (9 de 2009). Sistemas de Puesta a Tierra.

Aliexpress. (2008). Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/1974769448.html>

APLICACIONES TECNOLOGICAS. (28 de 06 de 2018). Obtenido de <https://at3w.com/blog/mejoras-e-innovacion-en-el-procedimiento-de-soldaduraexotermica/> BAMONTE, H. D., & LEON, E. M. (2020). ESTUDIO DEL FENOMENO FISICO DE PUESTA A TIERRA. SANTO DOMINGO.

Chauvin Arnoux Ibérica, S. (2015). GUIA DE LA MEDION DE TIERRA. En S. Chauvin Arnoux Ibérica, GUIA DE LA MEDION DE TIERRA (pág. 4). ESPAÑA. Código Eléctrico Nacional. (21 de 8 de 2015). Obtenido de [https://tsapps.nist.gov/notifyus/docs/wto_country/DOM/full_text/pdf/DOM223\(spanish\).pdf](https://tsapps.nist.gov/notifyus/docs/wto_country/DOM/full_text/pdf/DOM223(spanish).pdf).

Mendoza Covilla, L. F., & Blanco Vidal, C. R. (2006). Tutorial de Sistema de Puesta a Tierra con Aplicaciones en Subestaciones Eléctricas del Hospital Universitario del Caribe.

Nacional, C. E. (2015). Norma INEN 250 de Puesta a Tierra. PROCOBRE. (2002).

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA. PROCOBRE. (2002). Sistemas de Puesta a Tierra.

Ramírez Castaño, J. S., & Cano Plato, E. A. (2010). SISTEMA DE PUESTA A TIERRA: Diseñado de IEEE - 80 y evaluado con MEF. Colombia: Editorial Blanecolor Ltda.

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA - TEORÍA, DISEÑO, MEDICIÓN y MANTENIMIENTO -. (s.f.). Obtenido de 7. Mediciones de Resistividad para Diseño: <https://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe70.html#:~:text=La%20resistividad%20del%20sue%20lo%20es,%20la%20resistencia%20espec%C3%ADfica%20del%20terreno.&text=En%20la%20NOM%2D022%2DSTPS,de%20un%20metro%20por%20lado>