

MÉTODOS DE MEDICIONES DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

1. INTRODUCCIÓN

Un Sistema de Puesta a Tierra (S.P.T.) está conformado por un electrodo o un conjunto de electrodos, que proporciona un contacto eléctrico conductivo con el terreno. El SPT debe ubicarse en puntos óptimos que cumplan con las necesidades de cada instalación eléctrica, por lo tanto estas áreas del terreno son medidas para que sean específicamente acondicionadas.

Dicho lo anterior, las características eléctricas del terreno deben tomarse en cuenta cuando se requieren hacer mediciones de la resistividad eléctrica para el estudio de una instalación de un sistema de puesta a tierra. Al efectuar una serie de mediciones, se busca una resistencia total o acondicionar una resistencia deseada para una instalación, tratando de llegar a un valor inferior al máximo. La NFPA (National Fire Protection Association) y la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) han recomendado que este valor de resistencia de puesta a tierra sea de 5,0 ohmios o menos.

2. ANTECEDENTES

La resistividad eléctrica se define como la resistencia que se opone al paso de la corriente eléctrica en un cuerpo o material. Por esta razón, los materiales pueden ser conductores, semiconductores o aisladores, de modo que, si el material es un conductor perfecto tendrá resistividad nula, y si es un aislador perfecto tendrá una resistividad infinita. También es importante mencionar que la resistividad eléctrica es inversamente proporcional a la conductividad eléctrica de dichos materiales.

Estas propiedades eléctricas son propias de cualquier material incluyendo el terreno, debido a que el suelo es una mezcla de rocas, gases, agua y materiales orgánicos e inorgánicos, se le considera un medio heterogéneo y anisótropo. Por lo tanto, la conductividad y resistividad eléctrica del terreno son magnitudes que presentan valores diferentes en distintos lugares del planeta. El valor de estas magnitudes depende de diversos factores que se obtienen con una medición utilizando diferentes métodos.

3. DESARROLLO

3.1. Resistividad del Terreno

La resistividad del terreno depende de las propiedades que tiene el suelo para conducir electricidad. De modo que, la combinación de diversos factores afecta a su resistividad eléctrica, ya que el terreno no es uniforme. En el diseño de un sistema de puesta a tierra, se necesita analizar las características eléctricas del terreno; pues, desde el punto de vista eléctrico, el suelo es el encargado de disipar corrientes de defecto o falla que lleguen a este por medio de los electrodos de puesta tierra.

3.2. Resistividad del Terreno

Conforme a lo anteriormente mencionado, la resistividad del terreno depende de su naturaleza, estratigrafía, humedad, salinidad, temperatura y otros factores. A continuación, se describe los factores que afectan la resistividad eléctrica del terreno:

3.2.1. Naturaleza del tipo de suelo

La resistividad eléctrica del terreno varía según la química, la cantidad y calidad del tipo de suelo. Puesto que depende del carácter geológico del terreno, se puede decir que a medida que aumenta el tamaño de las partículas del suelo tiene mayor resistividad eléctrica. Por ejemplo, los terrenos rocosos tienen mayor resistividad eléctrica que los terrenos arenosos, al mismo tiempo, los terrenos arenosos son mejores conductores que los terrenos rocosos.

3.2.2. Humedad

La resistividad eléctrica del terreno varía significativamente con la humedad, al querer un suelo más conductivo se busca terrenos con más humedad. De manera que a más contenido de agua, hay menos resistividad eléctrica; del mismo modo, a menos contenido de agua, hay más resistividad eléctrica.

3.2.3. Temperatura

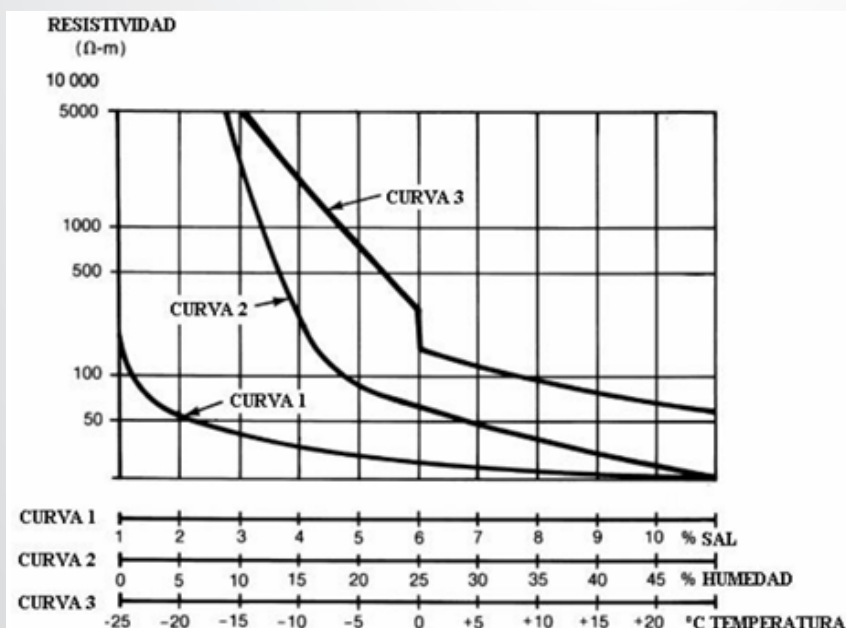
La resistividad eléctrica del terreno considera importante a las características térmicas del suelo, debido a que al disminuir la temperatura, la resistividad eléctrica aumenta. El contenido de agua está estrechamente relacionado con la temperatura, ya que cuando la temperatura está debajo los 0 °C; el contenido de agua del terreno se convierte en hielo. Del mismo modo, cuando la temperatura está por encima de los 100 °C, el contenido de agua del terreno en la tierra seca es nula. La resistividad eléctrica del terreno aumenta en ambos casos.

3.2.4. Sales disueltas

La composición y concentración de sales disueltas en el terreno también dependen de la humedad para conocer su resistividad eléctrica. Cuando tenemos más concentración de sales disueltas en el agua que se encuentran en el suelo, disminuye la resistividad eléctrica y también mejora su conductividad. Se ha afirmado en la medida de resistividad del terreno que “el agua disocia las sales en iones y cationes que se encargan de transportar los electrones por el terreno” (Dharmawidjaja, Quezada, Soto, 2016, p. 10), debido a que los componentes salinos hacen que circule la electricidad.

Figura 1

Curvas de variaciones de resistividad por sales, humedad y temperatura



Nota. Adaptado de IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding (p. 50), por IEEE-SA Standards Board, 2000, IEEE Power Engineering Society.

3.2.5. Estratigrafía

La estratificación del terreno es un conjunto de diferentes capas tanto vertical como horizontal. El suelo es una disposición de capas paralelas, por lo tanto, cada una de esas capas tiene diferentes resistividades; la combinación de estas resistividades eléctricas conforma la resistividad aparente del terreno.

3.2.6. Variaciones estacionales

La resistividad del terreno varía constantemente en diferentes épocas del año como en temporadas de lluvia, secas y otras variaciones estacionales. En épocas de lluvia, el terreno presenta una resistividad menor que en épocas de sequía. Asimismo, en épocas de verano, el terreno presenta una resistividad mayor que en épocas de invierno. Para conseguir un valor uniforme de la resistividad eléctrica del terreno en todo el año, se recomienda colocar los electrodos muy adentro del suelo y proteger el terreno ante cualquier estación del año.

3.2.5. Estratigrafía

La estratificación del terreno es un conjunto de diferentes capas tanto vertical como horizontal. El suelo es una disposición de capas paralelas, por lo tanto, cada una de esas capas tiene diferentes resistividades; la combinación de estas resistividades eléctricas conforma la resistividad aparente del terreno.

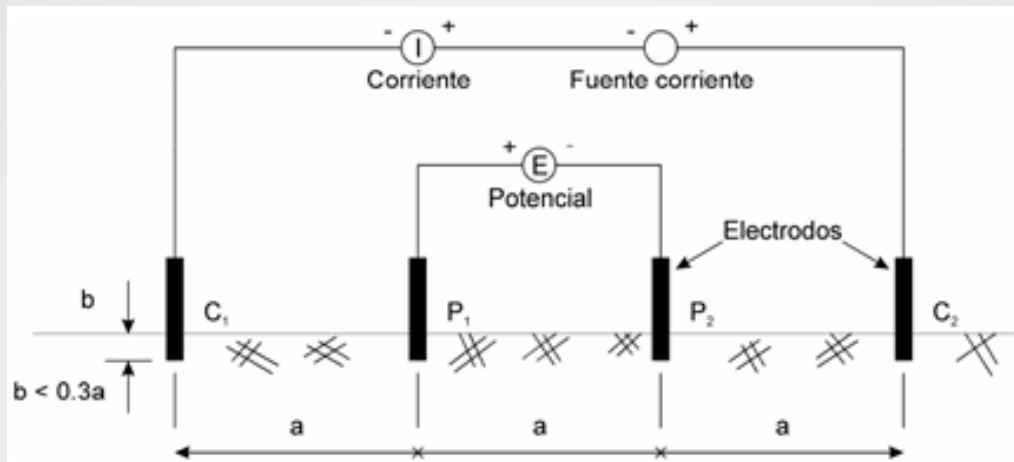
3.3. Métodos para la medición de la resistividad del suelo

3.3.1. Método de Wenner

Un método muy preciso para la medición de la resistividad eléctrica del suelo es el método universal de Frank Wenner en 1915. El método consiste en ubicar cuatro electrodos alineados a distancias iguales (a) y enterrados a una misma profundidad (b), además los electrodos pueden medir la resistividad eléctrica del terreno sin estar enterrados completamente. Como se ve en la figura 3, la parte enterrada de los electrodos es menor que la distancia entre los mismos, dado que se cumple una fórmula de la teoría que desarrollo y demostró el Dr. Wenner.

Figura 2

Esquema de montaje por el Método de Wenner



Nota. Adaptado de Evaluación de la resistividad en campo y en laboratorio y su aplicación a pavimentos (p. 20), por N. Pérez, P. Garnica, V. H. Delgado, N. Landaverde, 2010, Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

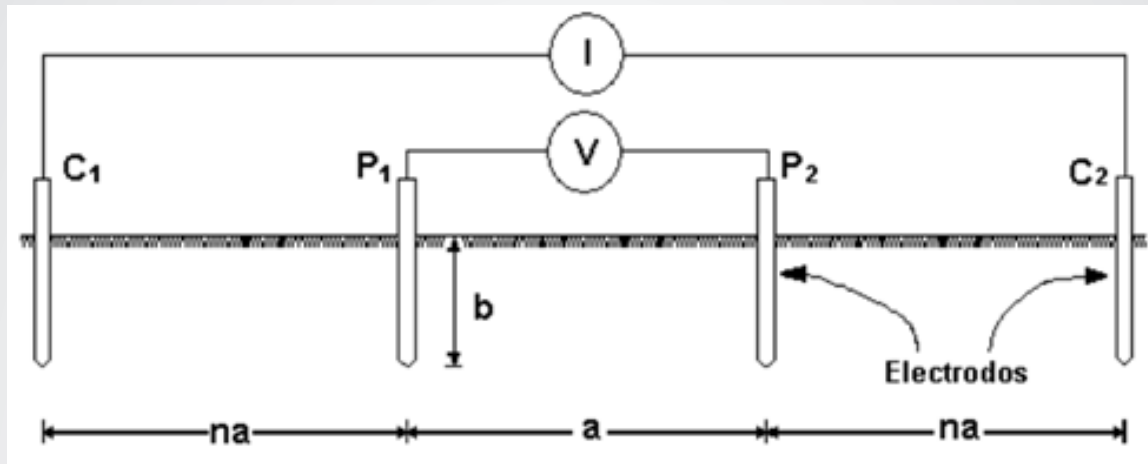
Los electrodos se conectan al equipo de medición, llamado teluometro, mediante cables aislados entre los electrodos de intensidad (C1 y C2) y tensión (P1 y P2). El teluometro inyecta una intensidad de corriente en el terreno a través de los electrodos de intensidad (C1 y C2). Luego, el teluometro mide una diferencia de potencial a través de los electrodos de tensión (P1 y P2). Por último, el valor de la resistencia y resistividad aparente del terreno se registra en el teluometro. Este método utiliza sondeos poco profundos (menores a 25 metros) para conocer la naturaleza del suelo.

3.3.2. Método de Schlumberger

El método de Schlumberger es versión modificada del método de Wenner. El método consiste en ubicar cuatro electrodos simétricamente sobre un eje central imaginario, de manera que los dos electrodos exteriores sean los electrodos de intensidad (C1 y C2), y los dos electrodos interiores sean los electrodos de tensión (P1 y P2). Como se ve en la figura 4, la distancia de los electrodos interiores (a) se mantiene constante, mientras que la distancia de los electrodos exteriores (na) se va variando para que la profundidad de medición sea mayor.

Figura 3

Esquema de montaje por el Método de Schlumberger



Nota. Adaptado de Proyecto de un sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación en el sector del nuevo aeropuerto de Quito Parroquia de Tababela (p. 93), por R. A. Chiriboga, 2008, Escuela Politécnica Nacional.

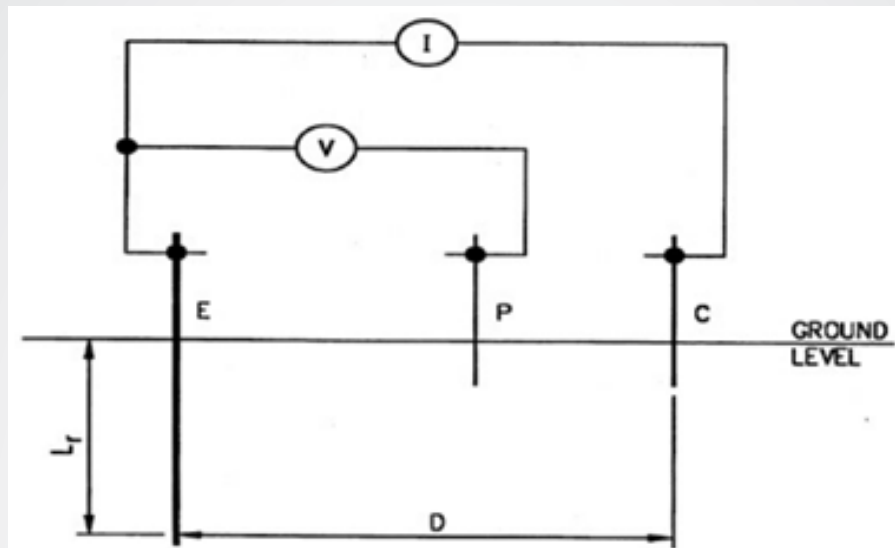
El principio de funcionamiento es igual que el método Wenner, no obstante el método Schlumberger necesita separar los electrodos exteriores progresivamente alrededor de un eje imaginario, con el fin de conocer la resistividad del terreno a una profundidad mayor. Este método utiliza sondeos profundos (mayores a 100 metros) para conocer la naturaleza del suelo.

3.3.3. Método de los 3 puntos

El método de los tres puntos o caída de potencial consiste en colocar un electrodo en el terreno bajo prueba (E) y dos electrodos auxiliares (P y C) colocados en línea recta a poca profundidad, de manera que la posición del electrodo de tensión (P) sea más cercano al electrodo del terreno bajo prueba y la posición del electrodo de intensidad (C) este a una determinada distancia (D) del electrodo situado en el terreno de prueba (E).

Figura 4

Diagrama del Método de los tres puntos



Nota. Adaptado de IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding (p. 55), por IEEE-SA Standards Board, 2000, IEEE Power Engineering Society.

El principio de funcionamiento consiste en realizar diferentes mediciones de la resistencia de puesta a tierra en correlación con el incremento de profundidad del electrodo situado en el terreno bajo prueba. Este método proporciona información de la naturaleza del terreno de cinco a diez veces la longitud del electrodo.

El telurómetro inyecta una intensidad de corriente en el terreno a través del electrodo bajo prueba (E) y electrodo de intensidad (C). Luego, el telurómetro mide una diferencia de potencial a través del electrodo bajo prueba (E) y el electrodo de tensión (P). Por último, el valor de la resistencia y resistividad aparente del terreno se registra en el teluómetro.

4. CONCLUSIONES

- Todos los factores que influyen a la resistividad del terreno están relacionados entre sí. Para buscar una mejor resistividad del terreno, se debe valorar cada uno de estos factores.
- La ejecución del método Schlumberger es más rápida en comparación con el método Wenner, debido a que solo se necesita variar la distancia de los electrodos de intensidad.
- En comparación de los tres métodos del artículo, el método Schlumberger tiene mayor alcance para conocer la resistividad aparente del terreno a mayor profundidad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEEE-SA Standards Board. (2000). IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding. IEEE Power Engineering Society.
- [2] Martínez Requena, J. y Toledano Gasca, J. (2002). Puesta a Tierra en Edificios y en Instalaciones Eléctricas. THOMSON PARANINFO.
- [3] GEDISA. (2007). MANUAL DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA. General Distribuidora S.A.
- [4] Chiriboga Guaras, R. A. (2008). PROYECTO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA NORMALIZADA PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN EL SECTOR DEL NUEVO AEROPUERTO DE QUITO PARROQUIA DE TABABELA. [Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/901/1/CD-1832%282009-01-21-12-09-44%29.pdf>
- [5] Sinchi Sinchi, F. M. (2017). DISEÑO Y DETERMINACIÓN DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA MEDIANTE PRUEBAS DE CAMPO CON ELEMENTOS COMUNES UTILIZADOS EN LA REGIÓN, INCLUYENDO GEM Y ELECTRODO QUÍMICO. [Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14487/5/UPS-CT007132.pdf>
- [6] Pérez García, N., Garnica Anguas, P., Delgado, V. y Landaverde, N. (2010). Evaluación de la resistividad en campo y en laboratorio y su aplicación a pavimentos. (Publicación Técnica No. 325). Instituto Mexicano del Transporte. <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt325.pdf>
- [6] ÁREA INGENIERÍA DISTRIBUCIÓN. (2008). MEDIDA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO. https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-DE-MONTAJES-COMPLEMENTARIOS/RA6-014.pdf
- [7] Dharmawidjaja, J., Quezada, A. y Soto, G. (s.f.). Medida de Resistividad de Terreno. https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-07-09_12-35-40135401.pdf

Autor : Jonathan Steven Pajuelo Valle - Asistente de Proyectos e I+D+i
Edición : Lic. Dara Carrion Contreras, Responsable de Marketing e Imagen Corporativa

¡Contáctanos!

Celular : 998368833
Correo : citeenergia@citeenergia.com.pe
Dirección : Mz. G Lote 2 y 3 Parque Industrial Ancón

CITE energía

Lima / Silicon Technology

