

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL MODELO DE SUELO DE CIUDAD UNIVERSITARIA - UNCP*

Maraví Gutarra, Pedro¹, Vivas Alejos, Julio² y Catay Buitron, Abel³

Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional del Centro del Perú

RESUMEN

Se determinó modelos de suelo a dos capas de Ciudad Universitaria a partir de mediciones de resistividad aparente utilizando el método de Wenner y el empleo del Software **FdcGrd** que sirve para el análisis de mallas y electrodos de puesta a tierra. Se diagnostica el estado de las resistencias de las diferentes puestas a tierra utilizando, para su medición, el método de caída de potencial. Se determina que el suelo en estudio no puede ser considerado homogéneo y que para cada instalación de un nuevo sistema de puesta a tierra se debe realizar un estudio de resistividad de suelos. Del diagnóstico de resistencias de puesta a tierra se demuestra que los electrodos tratados con cemento conductor son más eficientes en comparación con los de tratamiento tradicional en los suelos estudiados.

Palabras clave: resistividad eléctrica de suelos, modelo de suelo a dos capas, resistencia de puesta a tierra.

ANALYSIS AND DETERMINATION OF THE GROUND MODEL OF UNIVERSITY CITY - UNCP

ABSTRACT

Ground models to two layers of Ciudad Universitaria were determined from measurements of apparent resistivity using the method of Wenner and the Software **FdcGrd** that is used for the analysis of meshes and grounding electrodes. The state of the resistance of the different grounding is diagnosed using, for its measurement the method of potential fall. It was determined that the studied ground cannot be considered homogenous and for each installation of a new grounding system a study of ground resistivity needs to be done. The diagnosis of grounding resistance demonstrates that the electrodes dealt with conductive cement are more efficient in comparison to traditional treatment on the studied grounds.

Key words: electrical ground resistivity, ground model to two layers, resistance of earthing.

* Este trabajo de investigación fue recibido el 20/03/2009 retomado para su revisión 26/10/2009 y aprobado para su publicación 16/11/2009

¹ Email: pedromaravi@hotmail.com

² Email: jvivas5@hotmail.com

³ Email: acatay@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La resistencia eléctrica de puesta a tierra de un electrodo instalado en un suelo depende directamente de la resistividad eléctrica del terreno, entonces se debe conocer el tipo de terreno para diseñar y ejecutar un sistema de puesta a tierra (SPAT).

La instalación de los SPAT en Ciudad Universitaria, no ha considerado la alta resistividad del suelo, se corrobora con las mediciones realizadas donde se hallan altas resistencias de puesta a tierra que no cumplen el trabajo de protección a las personas, instalaciones eléctricas y equipos.

El desconocimiento de un estudio adecuado de resistividad eléctrica de suelos está conduciendo a instalar electrodos con tratamiento tradicional: mezcla de sales, bentonita, carbón vegetal y tierra humus. Esta "tradición" se asume como normalizada dejándose montados en las instalaciones eléctricas SPAT que no cumplen los objetivos para lo que fueron instalados; la Universidad invierte dinero en SPAT deficientes.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos, realizar un estudio de resistividad eléctrica de los suelos de Ciudad Universitaria modelándolo a dos capas que conduzca a determinar los valores de resistividad de las capas y la altura de la primera. Ello permite diseñar SPAT eficientes con electrodos apropiados ubicados conveniente en el suelo modelado para lograr menores resistencias de puesta a tierra (RPT). Diagnosticar el estado de las RPT de los diferentes SPAT existentes, que confirmó la ineficiencia de los SPAT con tratamiento tradicional.

Se han realizado mediciones de resistividad eléctrica de los suelos utilizando el método de Wenner y para diagnosticar el estado los SPAT existentes, se han efectuado mediciones usando el método de caída de potencial. Ambos procedimientos son reconocidos por la IEEE Std 80-2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las mediciones de la presente investigación se han desarrollado en los terrenos del campus de Ciudad Universitaria desde mayo a octubre de 2008, realiza-

das durante el desarrollo de las prácticas de campo de la asignatura de Laboratorio de Mediciones Eléctricas correspondiente al séptimo semestre de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en el tema de medición de Resistividad Eléctrica de Suelos.

Las mediciones se realizan en los suelos libres generalmente adyacentes a la infraestructura existente, utilizando el Telurómetro Digital EM-4055 MEGABRAS.

La medición de resistividad ha sido realizada utilizando el método de Wenner, habiendo medido de 7 a 8 resistividades aparentes para separaciones de las jabalinas de prueba de 1 metro hasta 8 metros. Los resultados se muestran en el anexo A.

Se utilizó el **FdcGrd**, un software desarrollado por Alberto Rojas, julio de 2007, para el análisis de mallas y electrodos de puesta a tierra elaborado para funcionar con MS-Access 97, 2000, 2002 ó 2003, utilizando como plataformas Windows 95, 98, 2000 ó XP.

Específicamente se usa el modulo GrdSoil que calcula mediante técnicas de estimación de estado los parámetros de un terreno con dos capas horizontales de diferente resistividad. GrdSoil procesa medidas de resistividad obtenidas mediante el método Wenner con cuatro electrodos.

Además se ha medido la resistencia de puesta a tierra de diferentes electrodos existentes en campus universitario utilizando el método de caída de potencial, que nos permite evaluar en la realidad el comportamiento de los tratamientos convencionales de puestas a tierra en suelos de alta resistividad eléctrica. Los resultados se muestran en el Anexo B.

Los métodos utilizados son validados en el estándar ANSI/IEEE Std 81-1983. [9]

RESULTADOS

Modelamiento de la resistividad del suelo

La Tabla 1 muestra los resultados, extraídos del ANEXO A, del modelamiento realizado por FdcGrd en el módulo GrdSoil donde se modela el suelo a dos capas, se observa que la primera capa siempre es de mayor resistividad y con una altura no mayor a 3 metros.

Con las resistividades obtenidas se puede definir la segunda capa como un terreno de arena con limo, mezcla de bajo grado de arena con limo. La primera capa está representada por un terreno de grava de buen grado, mezcla de grava y arena; excepto el terreno evaluado frente a la oficina de transportes que puede ser calificado como un terreno de grava con arcilla, mezcla de grava y arcilla.

Tabla 1. Resultados de modelamiento del suelo a dos capas.

LUGAR	RESISTIVIDAD (Ohm.m)		ALTURA PRIMERA CAPA (m)
	PRIMERA CAPA	SEGUNDA CAPA	
LADO OESTE DE S.E. N° 1	1177.82	442.96	0.705
PARQUE PUERTA N° 1	826.50	302.35	1.285
LADO OESTE COMEDOR UNIVERSITARIO	993.90	207.57	2.915
LADO OESTE OFICINA DE TRANSPORTES	359.12	148.04	0.837
LADO ESTE TALLER MAQUINAS HERRAMIENTAS FAC. MECÁNICA	1019.14	228.04	1.526
LADO OESTE DE PABELLÓN DE QUÍMICA	2128.92	233.84	0.407
ADYACENTE AL CENTRO DE IDIOMAS	601.42	147.09	2.398
LADO NORTE PABELLÓN F	297.97	164.25	2.415

Las anteriores resistividades se han definido considerando la Tabla A2-06 Resistividades Medias de Terrenos Típicos, del Código Utilización 2006.

Medición de las resistencias de puestas a tierra

En el Anexo B se muestran los resultados de las mediciones de las resistencias de puestas a tierra en diferentes electrodos de Ciudad Universitaria. Se utilizó el método de caída de potencial, en todo los casos se ha medido en diferentes direcciones encontrándose valores de resistencias altas excepto en las puestas a tierra que han utilizado cemento conductivo como en la Facultad de Ingeniería Química y Minas actualmente.

DISCUSIÓN

Las mediciones de resistividad aparente realizadas demuestran que los terrenos de Ciudad Universitaria no pueden ser considerados suelos homogéneos por su alta variación de resistividad eléctrica entre mediciones a diferente profundidad. Por lo que es necesario

modelar el suelo a dos capas para poder diseñar correctamente una puesta a tierra.

“Una aproximación suficiente en muchos casos es la de considerar la resistividad media a una profundidad h como el valor medido cuando los electrodos se encuentran separados una distancia h . En este contexto se entiende por poca “variabilidad” la obtención de diferencias máximas iguales o inferiores al 30% entre las mediciones efectuadas en puntos extremos de la instalación”.

El criterio citado no se puede aplicar en los suelos de Ciudad Universitaria, lo contrario destina a diseñar SPAT subdimensionados, porque generalmente el promedio de las resistividades aparentes es menor a la resistividad de la primera capa cuando se modela el mismo suelo a dos capas.

Además, las mediciones de resistividad realizadas y el posterior modelamiento a dos capas nos indican que no podemos representar los terrenos de Ciudad Universitaria por un solo modelo de suelo a dos capas. Cada puesta a tierra proyectada debe tener un estudio de resistividad de suelo específica que conduzca al diseño de un electrodo apropiado, es decir con una mínima resistencia requerida.

El modelamiento obtenido ratifica el tipo de terreno del Ciudad Universitaria caracterizado por una granulometría mayor (pedregoso) que determina un suelo de alta resistividad. Otros estudios que clasifican la Resistividad de Acuerdo al Terreno, en el rango de 300 a 500 ohm metro es calificado como “Suelo pedregoso cubierto de césped”, que en general se relaciona a los valores medidos y que por inspección visual corresponde a los suelos de Ciudad Universitaria.

Esta alta resistividad exige diseño e instalación de puestas a tierra más eficientes, es decir utilizar electrodos de mejor característica geométrica, como 6 varillas verticales con mayor espaciamiento y conectadas en paralelo, mayores longitudes de conductor dispuesto horizontalmente y embebidos de cemento conductivo en el mejor de los casos. Con esta última alternativa se logran mejores resultados como lo ratifican las mediciones de resistencias de puesta a tierra en la Facultad de Ingeniería Química y actual-

mente en Ingeniería de Minas a pesar que el objetivo es menos de 5 ohmios de resistencia para protección de equipos electrónicos.

Otra alternativa es la instalación de mallas en los lugares donde se tenga espacio porque este tipo de electrodo ocupa grandes áreas de terreno.

Las altas resistencias observadas en las mediciones no confirman lo garantizado por los fabricantes de sales, es decir la duración del tratamiento por varios años, experiencia que otras instalaciones lo tienen. La explicación que por ahora queda en hipótesis, y que debe ser otro aspecto de investigación, es que en el medio donde están instalados las pozas de puesta a tierra con tratamiento tradicional y sales, es un terreno que es constantemente regado por mantenimiento de los jardines o por las lluvias de las estaciones denominadas de invierno de nuestra ciudad, produciéndose un “lavado” de las sales instaladas en la poza con la consiguiente elevación de las resistencias de puesta a tierra.

CONCLUSIONES

- Los terrenos de Ciudad Universitaria no pueden ser considerados suelos homogéneos, porque las mediciones en distintos lugares de resistividad aparente tienen amplias variaciones a diferente profundidad de evaluación.
- La instalación de una nueva puesta a tierra debe implicar inicialmente un estudio de resistividad del lugar, que conduzca a modelar el suelo a dos capas, para determinar con que valores de resistividad se deben diseñar los electrodos apropiados para lograr una resistencia de puesta a tierra óptima.
- Las puestas a tierra ejecutados con cemento conductor presentan menores resistencias de puesta a tierra en comparación a los tratados tradicionalmente y con sales.
- Las puestas a tierra existentes tratadas tradicionalmente y con sales presentan altas resistencias, no cumplen el propósito de protección a las personas y equipos de las instalaciones eléctricas, siendo un riesgo latente.

RECOMENDACIONES

La Universidad Nacional del Centro del Perú debe exigir, a las Empresas a quienes encarga la instalación de puesta a tierra, el estudio previo de resistividad eléctrica de suelos y el diseño del electrodo mas apropiado que logre la resistencia mínima requerida.

El estudio, la ejecución y las pruebas de las puestas a tierra que se ejecuten en Ciudad Universitaria, deben ser supervisados por un profesional de la especialidad con la finalidad de salvaguardar los intereses de nuestra Universidad, además de ser un procedimiento practicado por cualquier institución que paga por servicios que le prestan.

Dentro de un programa de mantenimiento, se debe realizar mediciones de las puestas a tierra existentes para justificar su cambio o mantenimiento y prevenir fallas en los circuitos, principalmente electrónicos, que están protegiendo.

La Universidad debe realizar un convenio con la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica con la finalidad que los alumnos y docentes brinden sus conocimientos de la especialidad para contar con instalaciones eléctricas eficientes en el campus universitario.

LITERATURA CITADA

- F.M. Gonzáles – Longatt. F. M. González-Longatt.** 2007. Sistemas de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas. II Seminario en Seguridad y Riesgos Eléctricos en la Industria. UNEXPO Puerto Ordaz.
- Gómez Calviño, Colominas, Navarrina y M. Casteleiro.** Formulacións numéricas para el cálculo en paralelo de redes de tierra en modelos de suelo no uniformes. Grupo de Métodos Numéricos en Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos (ETSICCP). universidad de la coruña. España.
- Barahona Abrejo, Christian; Cideos Morales, Raúl; Marroquín Arévalo, Carlos.** 2003. Manual para aterrizaje en sub estaciones y sistemas eléctricos. Trabajo de Graduación. Univer-

sidad Albert Einstein. El Salvador.

Rojas Alberto. 2007. Análisis de mallas y electrodos de puesta a tierra. COVIEM S.A.

Henryk Markiewicz & Antoni Klajn. 2003. Sistemas de puesta a tierra fundamentos de cálculo y diseño. Wroclaw University of Technology. Polonia.

THOR-GEL®. 2000. Manual de puestas a tierra. Lima.

IEEE. 1983. Guide for measuring herat resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system. ANSI/IEEE Std 81.

Ignasi Colominas Ezponda. 1995. Cálculo y diseño asistido por ordenador de tomas de tierra de instalaciones eléctricas: una formulación numérica basada en el método integral de elementos de contorno. La Coruña.