
Resistividad de los Suelos

Prof. Claudio González Cruz
Serie de Apuntes Técnicos
SAT-ELEC01-2025
Edición 2025

Conocer el grado de conductividad eléctrica que se generará en un sistema de puesta a tierra (SPT), en su interacción con el suelo, es de suma importancia para su correcto diseño, cálculo y cumplimiento normativo. La conductividad es una medida de su capacidad para conducir corriente eléctrica; se expresa generalmente en Siemens sobre metro (S/m) y está determinada por:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

σ : Conductividad eléctrica de un suelo (S/m).

ρ : Resistividad eléctrica de un suelo ($\Omega \times m$).

Como puede observarse en la ecuación anterior, la Conductividad y la Resistividad son medidas recíprocas, por lo que se podría utilizar cualquiera de ellas para los estudios asociados a los SPT, pero por razones prácticas, históricas y físicas se utiliza en las ecuaciones conocidas la Resistividad como medida estándar cuando hablamos de la participación de los suelos en la conducción de la corriente eléctrica, la que podemos definir como la resistencia que presenta al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro de arista.

$$\rho = \frac{R(\Omega) \times S(m^2)}{L(m)} = \frac{\Omega \times m^2}{m} = \Omega \times m$$

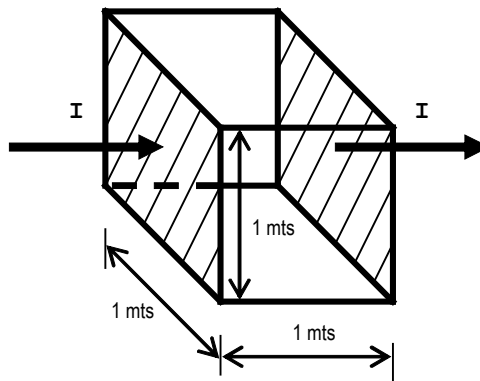


Figura 1 – Definición de la resistividad del suelo

La resistividad de los suelos es en extremo variable, y depende de múltiples factores, por lo tanto, es necesario conocer para cada situación en particular el valor lo más real posible de modo de no diseñar en forma errada el sistema de tierra, ya que esto podría poner en riesgo a las personas y equipos de la instalación eléctrica en proyecto, o bien, aumentar innecesariamente el costo del dispositivo de tierra.

La mayoría de los minerales que conforman los suelo son en general malos conductores, por lo que se dice que los suelos puros son de características aislantes.

El tipo o naturaleza del terreno determina en primer lugar su resistividad, lamentablemente no existe una clasificación perfectamente definida de terrenos, por lo que hay que limitarse a señalarlos en forma general. En una primera clasificación muy simple, puede decirse que gran parte de éstos están formados por distintas mezclas de arenas, arcillas y rocas. Dependiendo de la cantidad de agua contenida por los diferentes minerales y de sus características particulares, la resistividad de los suelos puede variar en cifras tan amplias como las dadas en la siguiente tabla:

Tabla 1
Valores orientativos de resistividad de distintos tipos de suelos

Tipos de Suelos o Aguas	Resistividad Típica ($\Omega \times m$)
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arenas arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Fuente: Tabla N°6.2 del RIC N°6

La humedad del terreno también determina fuertemente su resistividad. El agua que contiene el terreno, su estado higrométrico, influye en forma apreciable sobre la resistividad. Siempre que se añada agua a un terreno, disminuye su resistividad respecto a la que tendría en seco. Se dice que un terreno está “*saturado*” cuando todos sus intersticios están llenos de agua. Una vez pasada la causa de la saturación, el agua contenida en los espacios entre los diferentes agregados, debido a la gravedad, se dirigirá hacia abajo quedando estos ínter espacios ocupados por aire en el interior, al ser superior la fuerza de la capilaridad que la gravedad. El agua contenida en ellos no se mueve y, en estas circunstancias, se dice que el terreno está “*saturado de humedad*”.

Por efecto de la evaporación natural de la superficie del terreno, se produce un empobrecimiento del agua contenida en los agregados, fenómeno que se propaga lentamente desde la superficie hacia los estratos más profundos. Este fenómeno tiene más importancia cuanto más seco sea el clima del lugar y cuanto más superficial es la ubicación de la puesta a tierra.

Para una cierta región geográfica, el contenido de humedad del suelo depende de sus características climáticas, por lo que en el proyecto de las puestas a tierra se debe considerar la época del año que ofrezca la peor condición. En épocas de lluvias el nivel freático se aproxima a la superficie del terreno, presentando éste una resistividad menor que en el periodo de sequía, en el que dicho nivel, se aleja en profundidad de la superficie. A lo largo del año se presentan variaciones estacionales que son más acusadas cuanto más próxima a la superficie se encuentra la puesta a tierra.

Para poder mantener el valor de la resistividad lo más uniforme posible a lo largo del año, es conveniente instalar profundamente las puestas a tierra y, proteger dentro de lo posible, el suelo de las inclemencias del clima. A medida que se instalen las puestas a tierra a profundidades mayores, o bien, debajo de las cimentaciones del edificio, se tendrán más garantías de mantener estable el valor de la resistividad.

La temperatura del terreno también es un factor importante que considerar dentro del estudio de los factores que determinan la resistividad de los suelos.

La tierra seca es un aislador excelente; al aire y al sol, las capas de arena seca de la superficie se acercan mucho a la condición de buen aislador. En general, el grosor de tales capas secas no es muy grande, alcanzan solo entre 10 y 20 centímetros.

La escarcha tiene una penetración más profunda, entre 50 y 100 centímetros o más según el estrato, por lo cual, las tomas a tierra deben ser a mayor profundidad dado que el grado de humedad, tal como sabemos, es un factor esencial en la conductividad del suelo. Cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C, se produce un aumento rápido de la resistividad, esto es debido a que el hielo es un aislante. Para valores superiores al punto de congelamiento del agua e inferiores a 100°C, la resistividad de los suelos disminuye al aumentar la temperatura, por la mayor movilidad de los iones disueltos en el agua.

La tabla siguiente muestra la variación de la resistividad de un suelo compuesto de una mezcla de arcilla y arena con un 15% de contenido de agua.

Tabla 2
Variación de la resistividad de un suelo con la temperatura ambiente

Temperatura (°C)	Resistividad ($\Omega \times m$)
20	72
10	99
0 Agua	138
0 hielo	300
-5	790

La concentración de sales disueltas en el terreno es un factor determinante en la resistividad del mismo. Al existir una mayor concentración de sal en el suelo, este mejora su conductividad, en forma general entonces, se podría establecer que a mayor contenido de sal en el terreno mejor conductor éste es.

El agua disocia las sales en iones y cationes que se encargan de transportar los electrones por el terreno. Para comprender este fenómeno sólo tenemos que recordar el comportamiento eléctrico del agua. El agua destilada es aislante y aunque introduzcamos unos electrodos en el interior de un recipiente conectados a una batería, no circulará energía eléctrica a través de ella. Si al agua le añadimos compuestos salinos, por ejemplo, cloruro de sodio o sal común, comenzará a circular electricidad y a medida que añadamos más sal, circulara más electricidad; esto es debido a que los electrones se desplazan por el agua gracias a los iones disociados. En los lugares de lluvias estacionales hay que tener muy presente estos fenómenos, debido a que en la época de lluvias el terreno presenta una resistividad muy baja (la lluvia elimina la sal del terreno), mientras que, en la época seca, la resistividad es muy alta.

El grado de compactación que tenga el terreno en donde se instalará el sistema de tierras, influye apreciablemente en la resistencia de la configuración a utilizar. Si el terreno presenta poca compactación y no se encuentra saturado de agua, los poros inter granulares están en mayor medida llenos de aire, y el terreno tiene una resistividad relativa mayor. Si, por el contrario, el mismo material es más compacto, los espacios inter granulares son menores y eventualmente están llenos de agua disminuyendo su resistividad. Según esto, podemos concluir que, a una mayor compactación del suelo, disminuye la distancia entre las partículas que lo conforman, logrando así, una mejor conducción a través del líquido contenido en éste.

Factores de naturaleza eléctrica pueden modificar la resistividad de un terreno. Los más significativos son: el gradiente de potencial y la magnitud de la corriente de defecto a tierra. El primero afecta al terreno cuando el gradiente de tensión alcanza un valor crítico, de algunos kilos volts por centímetro, lo que puede originar la formación de pequeñas áreas eléctricas en el suelo que hacen que la puesta a tierra se comporte como si fuera de mayor tamaño. El segundo, la magnitud de la corriente de defecto a tierra, puede también modificar el comportamiento de la puesta a tierra si su valor es muy elevado, ya sea por provocar gradientes excesivos, o bien, por dar lugar a calentamientos alrededor de los conductores enterrados que provoquen la evaporación del agua del suelo.

Por todo lo expuesto anteriormente, la resistividad de los suelos es altamente variable, por lo que poseer un valor que se ajuste a todas las condiciones posibles de encontrar en la práctica es imposible. Según esto cada vez que deba diseñarse un sistema de puesta a tierra, es de suma importancia conocer las características conductivas del suelo en donde esta será construida.

Referencias Bibliográficas

Pliego Técnico Normativo RIC N°6 (2020)

Puesta a Tierra y Enlace Equipotencial
Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)

Introduction to Geophysical Prospecting (1988)

Dobrin, M.B. & Savit, C.H.
4th ed., 867p; McGraw-Hill.

Instalaciones de Puesta a Tierra (2007)

Del Alamo, J.C.
Editorial Marcombo