



SISTEMA DE PUESTA TIERRA

Gina Marcela Montiel Pineda y Diego Fernando Nieto Olarte

Trabajo de grado

Director

Rolando Andrés Rincón Saravia

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Universidad Industrial de Santander

Facultad de ingenierías Fisicomecánica

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

14 de marzo de 2026

Tabla de contenido

Introducción	3
1. Resistividad del suelo	3
2. Datos para el diseño del sistema de puesta a tierra	4
2.1. Calibre del electrodo de puesta a tierra.....	4
2.2. Calibre del sistema de puesta a tierra.....	5
2.3. Características de la varilla para el sistema de puesta a tierra	6
3. Resistencia del sistema de puesta a tierra	6
3.1. Resistencia para una varilla	6
3.2. Resistencia para tres varillas.....	7
Conclusión	8
Referencias.....	9

Introducción

El presente informe tiene como propósito analizar las condiciones existentes, estimar parámetros necesarios como la resistividad del terreno y plantear un diseño adecuado para el sistema de puesta a tierra de la instalación eléctrica de la Institución Educativa La Llana sede Puerto Carreño ubicada en el corregimiento de Puerto Carreño en San Alberto, Cesar. Para ello se tuvo en cuenta lo requerimientos normativos establecidos en el RETIE, NTC 2050, IEEE std 80, IEEE std 81 Y IEEE std 142.

1. Resistividad del suelo

Para determinar la resistividad del terreno en la Institución educativa La Llana sede Puerto Carreño, se consideraron las recomendaciones técnicas establecidas en la IEEE std 81, la cual indica el uso del método de Wenner como procedimiento adecuado para la medición de la resistividad del suelo. Sin embargo, no fue posible realizar mediciones, debido que no se contaba con el equipo de medición para dicho proceso (IEEE Power and Energy Society, 2012) (IEEE, 2007).

Ante esta limitación, se optó por utilizar valores de referencia tomados en la IEEE std 80, en la tabla 1 se proporciona los rangos típicos de resistividad para diferentes tipos de suelo. Teniendo en cuenta que el corregimiento de Puerto Carreño tiene un suelo orgánico húmedo, se considera una resistividad de $10 [\Omega \cdot m]$ (IEEE Power and Energy Society, 2013).

Tabla 1

Rango de resistividad del suelo

Tipo de suelo	Resistividad promedio
Suelo orgánico húmedo	10
Suelo húmedo	10^2
Suelo seco	10^3
Roca madre	10^4

Nota: Tomado de IEEE Std 80 (2013)

2. Datos para el diseño del sistema de puesta a tierra

2.1. Calibre del electrodo de puesta a tierra

Para realizar el diseño del sistema de puesta a tierra es importante determinar la corriente máxima de falla a tierra. Sin embargo, esta debe ser entregada por el operador de red, lo cual no se pudo obtener. Por ende, para determinar el calibre del conductor de puesta a tierra se obtuvo a partir de la tabla 250.66 de la NTC 2050 (*figura 1*) (ICONTEC, 2020).

Teniendo en cuenta que la acometida tiene un calibre de # 1/0 AWG en aluminio, el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra es # 6 AWG en aluminio revestido en cobre en base a la tabla en la figura 1.

Figura 1

Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida o área equivalente para conductores en paralelo ^a				Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre ^b	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33,62 o menor	2 o menor	53,2 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
61,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	Más de 3/0 hasta 350	152,01 a 253,35	Más de 250 hasta 500	33,62	2	53,5	1/0
202,68 a 304,02	Más de 350 hasta 600	278,68 a 456,03	Más de 500 hasta 900	53,5	1/0	85,02	3/0
329,35 a 557,37	Más de 600 hasta 1 100	506,70 a 886,73	Más de 900 hasta 1 750	67,44	2/0	107,21	4/0
608,04 y más	Más de 1 100	912,06 y más	Más de 1 750	85,02	3/0	126,67	250

Nota: Tomado de la NTC 2050 (Segunda actualización)

2.2. Calibre del sistema de puesta a tierra

Para estimar el calibre del sistema de puesta a tierra se tomó según lo establecido en la sección 310.10 (H) (1) de la NTC 2050, la cual permite que los conductores de aluminio, de aluminio recubierto de cobre o de cobre del conductor de puesta a tierra se conecten en paralelo, siempre y cuando estos sean de calibre # 1/0 AWG (ICONTEC, 2020).

2.3. Características de la varilla para el sistema de puesta a tierra

Teniendo en cuenta lo establecido en la sección 250.52 (A) (5) de la NTC 2050 los electrodos de varilla deben medir como mínimo 2.44 m de longitud y un diámetro de 15.87 mm según la sección 250.52 (A) (5) (b), (ICONTEC, 2020).

Se establece que la cantidad de electrodos en línea son 3, teniendo en cuenta la norma IEEE std 142 (IEEE, 2007). La separación de los electrodos es de 3 [m], ya que según la norma NTC 2050 sección 250.53 (B), (ICONTEC, 2020). Por último, se determina que la distancia de la profundidad en la que estarán enterrados los electrodos es de 0.75 [m] según el numeral 3.12.2.1 (2) del RETIE – Libro 3 (Ministerio de minas y energía, 2024).

3. Resistencia del sistema de puesta a tierra

3.1. Resistencia para una varilla

Para calcular la resistencia para una varilla se hace uso de la formula establecida en la IEEE std 142 tabla 4 -5 (IEEE, 2007).

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right)$$

Donde:

- $\rho = 10 \rightarrow$ resistividad del suelo en $\Omega \cdot m$
- $L = 2.44 \rightarrow$ longitud de la varilla en m
- $a = \frac{0.01587}{2} = 0.007935 \rightarrow$ radio de la varilla en m

Por ende, la resistencia para una varilla es igual a **3.9885 [Ω]**

3.2. Resistencia para tres varillas

Para calcular la resistencia para tres varillas se hace uso de la formula establecida en la IEEE std 142 (IEEE, 2007).

$$R_{3-varillas} = \frac{R * F}{N}$$

Donde:

- $R = 3.9885 \text{ } [\Omega]$
- $N = 3 \rightarrow$ Número de varillas
- $F \rightarrow$ Factor de multiplicación para varillas múltiples (*Tabla 2*)

Tabla 2

Factores de multiplicación para varillas múltiples

Número de varillas	F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

Nota: Tabla tomada de la IEEE std 142 tabla 4 -6 (IEEE, 2007).

Por ende, la resistencia para tres varillas es igual a **1.715 $[\Omega]$** .

Conclusión

A partir de los cálculos realizados, se obtuvo una resistencia de 3.9885Ω para una varilla y de 1.715Ω para el sistema compuesto por tres varillas, teniendo en cuenta lo establecido en el RETIE (Ministerio de minas y energía, 2024), los valores de referencia para resistencia de puesta a tierra consignados en la tabla 3.12.3.a para una aplicación de baja tensión debe ser como máximo 25Ω , lo que quiere decir que el diseño propuesto garantiza condiciones adecuadas para la instalación eléctrica. Sin embargo, es importante resaltar que los resultados obtenidos se basan en valores estimados, por lo que se recomienda, en caso de implementar el diseño, realizar mediciones de resistividad del suelo, para ajustar el diseño propuesto asegurando un mejor desempeño en condiciones reales.

Referencias

AENOR. (2002). *Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna - IEC 60909-0*. Madrid: AENOR.

ICONTEC. (2020). *Código Eléctrico Colombiano -NTC 2050. Segunda actualización*. Bogotá.

IEEE. (2007). *Práctica recomendada de IEEE para la puesta a tierra de sistema de energía industriales y comerciales*. New York: IEEE.

IEEE Power and Energy Society. (2012). *IEEE std 81* . New York: IEEE.

IEEE Power and Energy Society. (2013). *IEEE Guide for Safety in AC Substation*. New York: IEEE.

Ministerio de Minas y Energía. (2024). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público -RETILAP*. Bogota.

Ministerio de minas y enegía. (2024). *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE*. Bogotá.