

MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD
PROYECTO TEORAMA - NORTE DE SANTANDER

Ubicación
TEORAMA
DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

Diseño
Ing. ALBERTO GIRALDO LOAIZA
MP. CL205 - 6176

Bogotá D. C. Noviembre de 2022

INTRODUCCIÓN

A partir de la entrada en vigencia del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE (Resolución 90708 de 30 de agosto de 2013), las instalaciones de uso final, tales como, las de uso residencial, comercial, industrial y especiales deberá cumplir con los requisitos esenciales dispuestos en el Capítulo II y para efecto del presente texto, los del artículo 8.1 que precisa *“Toda instalación eléctrica objeto del presente Reglamento que se construya a partir de la entrada en vigencia de este Anexo General deberá contar con un diseño, efectuado por el profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño debe cubrir los aspectos que le apliquen, según el tipo de instalación y complejidad de la misma (...)”*. Entre estos requisitos están básicamente anexar unas memorias del análisis de carga, cálculo de transformadores, cálculos de regulación, cálculo y coordinación de protecciones, cálculos de tuberías, canalizaciones, el alcance, las especificaciones técnicas de los materiales utilizados en las instalaciones eléctricas y **UN ESTUDIO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**.

En el siguiente documento se anexa de manera completa y detallada, el proceso y la metodología utilizada para el cálculo y demás análisis del Sistema de Puesta a Tierra **PARA EL PROYECTO “TEORAMA – NORTE DE SANTANDER”**, cumpliendo de manera formal con los requisitos exigidos por el artículo 15 resolución mencionada, la sección 250 de NTC 2050 “Código Eléctrico Colombiano” y las demás normas complementarias vigentes que le aplican.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT).
2. OBJETO.
 - 2.1 GEOREFERENCIACIÓN DEL PROYECTO.
3. METODOLOGÍA.
4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.
5. MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.
 - 5.1. GRÁFICAS DE LAS MEDICIONES REALIZADAS
 - 5.2. MEDICIÓN FINAL PROMEDIO.
 - 5.2.1 REGISTRO FOTOGRÁFICO.
6. OBSERVACIONES FINALES.

1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT)

Toda instalación eléctrica cubierta por la Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013, excepto donde se indique expresamente lo contrario, deberá disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla de carácter eléctrico interna o externa, más exactamente por descargas atmosféricas.

La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son básicamente: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética. Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres humanos es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las tensiones de paso, de contacto o transferidas y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, **un bajo valor de la resistencia de puesta a tierra** es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial GPR por sus siglas en inglés (Ground Potential Rise).

En conclusión, un Sistema de Puesta a Tierra tiene por esencia garantizar la seguridad a las personas, instalaciones y equipos en un área determinada. Cuando se presenta una falla del sistema ya sea por causas mencionadas, la red de puesta a tierra proporciona el camino fácil por el cual se disipan tales corrientes de falla, limitando las tensiones que respecto a tierra que pueden alcanzar algunos elementos metálicos y permitiendo el funcionamiento de los dispositivos de las protecciones.

2. OBJETO

El presente informe tiene por objeto presentar la medición de la resistividad del terreno para el diseño de un sistema de Puesta a Tierra **PARA PROYECTO “TEORAMA”**, MUNICIPIO DEL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.

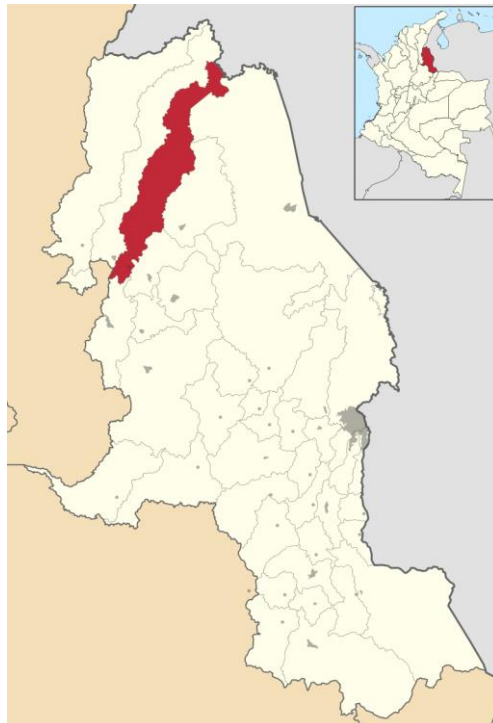
2.1 GEOREFERENCIACION

Teorama Limita Norte: República Bolivariana de Venezuela y el municipio de Convención. Sur: Municipio de Ocaña. Oriente: Municipios de El Tarra, Tibú y San Calixto. Occidente: Municipio de Convención.

Teorama es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Norte de Santander. Su población asciende a 21 524 habitantes. Dista 238 km de Cúcuta, capital del departamento. La cabecera municipal se encuentra a una altitud media de 1.158 m s. n. m., y la temperatura promedio es de 21.4 °C.

NOTA: Las coordenadas que se encuentran en la siguiente tabla corresponden a las ubicaciones donde se realizaron las mediciones de resistividad, de acuerdo con la distribución de los usuarios del proyecto y el tipo de suelo de la zona.

TEORAMA	Schubacbarina	9,0405651	-73,0227759
TEORAMA	Suerera	8,4053283	73,2861205
TEORAMA	Escalas	8,5641946	-73,2581149



3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:

En el análisis realizado a varias porciones de suelo donde queda **EL PROYECTO**, se encontró que presentaba características de: Mirar en Cuadro abajo **APLICA (SI o NO)**

TIPO DE SUELO	APLICA	CARACTERÍSTICAS
Suelo Arcilloso	NO	Este es un suelo que posee una textura pesada, no obstante, lo cual es suave y pegajoso. Como aspecto relevante, se establece que puede moldearse cuando está húmedo (se torna entonces resbaladizo y muy dúctil), propicia una alta retención de agua y presenta un alto nivel de infiltración.
Suelo limoso	SI	Son los suelos que contienen una proporción muy elevada de limo. Es un tipo de suelo muy compacto, sin llegar a serlo tanto como los arcillosos. Estos suelos resultan producidos por la sedimentación de materiales muy finos arrastrados por las aguas o depositados por el viento. Suelen presentarse junto a los lechos de los ríos y son muy fértiles.
Suelo Arenoso	NO	<p>El suelo arenoso es el que está formado principalmente por arena. La arena son partículas pequeñas de piedra de carácter silicio con un diámetro entre 0.02 y 2 mm. A diferencia de la arcilla cuando está húmeda o mojada no se engancha. Los suelos arenosos no retienen el agua que rápidamente se hunde a capas más profundas. Son suelos considerados secos en donde hay muy poca humedad. A diferencia de los suelos anteriores requieren un riego continuado y un trabajo constante si queremos darle una forma determinada porque la pierden con facilidad. Presentan colores claros.</p> <p>Sabemos que se trata de este tipo de suelo porque al coger un poco de él entre los dedos, somos incapaces de formar una bola. Este tipo de tierra, por mucho que la manipulemos, seguirá estando suelta.</p>

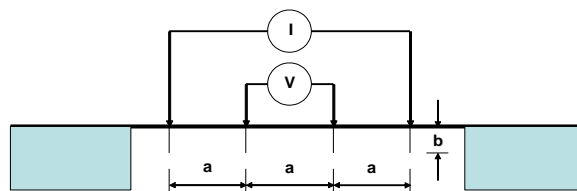
TIPO DE SUELO	APLICA	CARACTERÍSTICAS
Suelo Margoso	SI	Este suelo se caracteriza por estar compuesto de arcilla, limo y arena con abundante cantidad de materia vegetal descompuesta (humus). De igual manera presenta un color oscuro poco apelmazado y ligero. Podríamos decir que presenta las características positivas de los tres suelos: Arcilloso, limoso y Arenoso. Mantiene la suficiente humedad, pero, al mismo tiempo permite la permeabilidad hacia las capas inferiores. Es el tipo de suelo preferido por los jardineros.
Suelo gredoso	NO	Un suelo gredoso es aquel que procede de la descomposición de las cretas o piedras calizas que contienen mucho carbonato, cálcico. Es un tipo de tierra ligero y con un buen drenaje. Presenta un tipo de color marrón claro o un blanquecino

Suelo pantanoso	NO	Se considera que un suelo es pantanoso a aquel que se ha formado en lugares que se encuentran habitualmente inundados. Son suelos que tienen muy poca riqueza mineral y con una acidez muy elevada. Su color es negro.
Suelo Rocoso	NO	Los terrenos formados mayoritariamente por estratos rocosos son muy resistentes a la compresión y en caso de no presentar la roca fisuras o estratificación, son los más adecuados para soportar las cimentaciones. En el estudio de los materiales rocosos se debe distinguir entre el comportamiento de las propiedades geomecánicas de la roca matriz, que se obtienen por medio de ensayos, y el del medio rocoso, que suelen incluir discontinuidades en su estructura. Presentan una regular humedad, pero al contrario del arcilloso es fácilmente filtrable.

En conclusión, **EL PROYECTO " TEORAMA "**, presenta unas **EXCELENTES** características y condiciones para la construcción de un Sistema de Puesta a Tierra, ya que estos terrenos por su composición química de **BUENA** retención del agua y de permeabilidad, los convierte en suelos con valores **BAJOS** de resistividad (Ωm), **SI** apto para una construcción eficiente de una Malla de Puesta a Tierra. Sin embargo, este valor se cotejará con la respectiva medición la cual se realizará con un **TELUROMETRO MARCA METREL**.

5. MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO:

Para efectos del presente proyecto se aplicará el método tetra-electródico de Wenner, mediante la utilización de un TELUROMETRO marca **METREL, Modelo Eurotest MI 2088** con certificado de calibración vigente.



Esquema De Medición De Resistividad Aparente

La Ecuación para el cálculo de la resistividad aparente del suelo está definida como:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (\Omega m)$$

Donde:

- a: Distancia entre electrodos adyacentes (m).
- b: Profundidad de enterramiento de los electrodos (m).
- R: Resistencia eléctrica, calculada como V/I (Ω).

Cuando el valor de “b” es muy pequeño se desprecia y la ecuación equivalente será:

$$\rho = 2.\pi.a.R \quad (\Omega m)$$

Para nuestro presente proyecto y con el objeto de establecer una adecuada toma de mediciones, **se realizaron medidas en tres sitios diferentes del Municipio**, según coordenadas en cuadro de Georreferenciación. En cada sitio se realizan dos (2) tomas lineales, cada una de cuatro mediciones (2, 4, 6, 8, 10 mt) con el mismo centro y direcciones **Norte - Sur, Oriente – Occidente**, respectivamente para precisar una excelente cobertura en el terreno en donde se implementará la malla de Puesta a Tierra. Finalmente se promediarán los resultados finales de cada medición y se evaluará el resultado para diseñar la Malla de puesta a Tierra del presente proyecto de acuerdo a la normatividad mencionada.

REGISTRO FOTOGRAFICO DE LAS MEDICIONES TOMADAS EN CAMPO

Medida 1 (Coordenadas 9,0405651 -73,0227759)



	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 2M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 4M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 6M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 8M		

Medida 2 (Coordenadas 8,4053283 73,2861205)

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 2M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 4M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 6M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 8M		

Medida 3 (Coordenadas 8,5641946 -73,2581149)

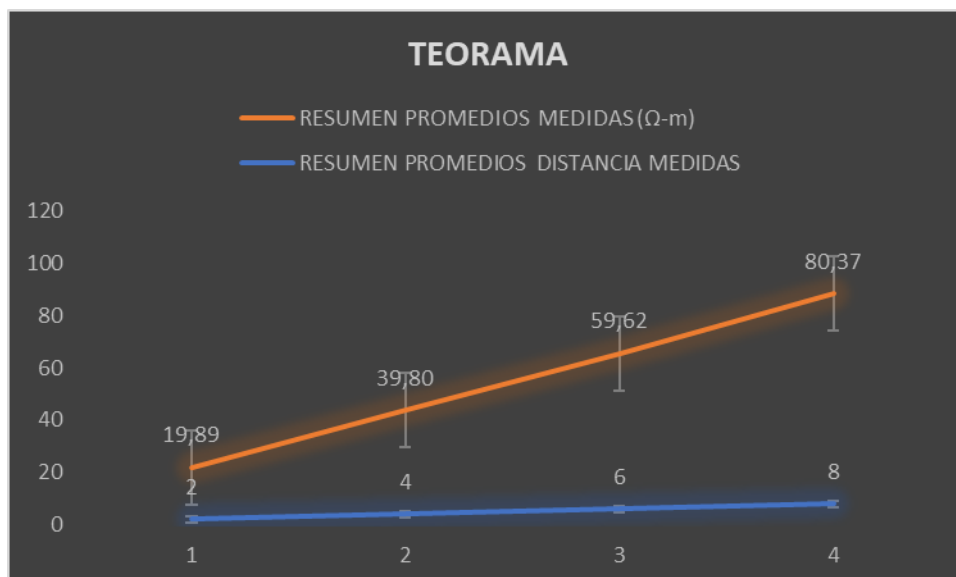
	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 2M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 4M		
	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 6M		

	NORTE-SUR	ORIENTE OCCIDENTE
MEDIDA A 8M		

MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD									
MEDIDAS	DISTANCIA DE MEDICION EN METROS								PROMEDIO PARA CADA MEDIDA (Ω-m)
	2N	2S	4N	4S	6N	6S	8N	8S	
MEDIDA 1 (Ω-m)	20,5	19,84	41,3	39,6	61,5	59,4	82,4	79,2	50,4675
MEDIDA 2 (Ω-m)	19,13	19,79	38,2	39,4	57,3	59,3	76,5	79,1	48,59
MEDIDA 3 (Ω-m)	19,6	20,5	39,2	41,1	58,6	61,6	83,2	81,8	50,7
PROMEDIO MEDIDAS PARCIALES									
	19,74	20,04	39,57	40,03	59,13	60,10	80,7	80,03	
PROMEDIO EN MUNICIPIO	19,89		39,80		59,62		80,37		49,92

RESUMEN PROMEDIOS	
DISTANCIA MEDIDAS	MEDIDAS (Ω-m)
2	19,89
4	39,80
6	59,62
8	80,37



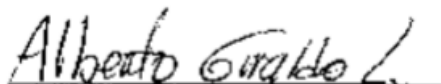
ALBERTO GIRALDO LOAIZA

INGENIERO ELECTRICISTA

De acuerdo al resultado obtenido promedio, se establece que la resistividad del terreno es de **(49.92 Ω -M)** resultado para la implementación de la respectiva malla, valor que coincide con el análisis obtenido en el ítem 4, características del suelo.

Cuando la resistividad del terreno sea menor de 63. Ω -m solo se necesita enterrar una varilla como electrodo de tierra para cumplir con los requisitos de resistencia a tierra.

Para terrenos con resistividades hasta de 110 Ω -m se debe colocar dos varillas como electrodos de tierra y hasta 150 Ω -m se debe colocar tres varillas, para resistividades mayores de 150 Ω -m se debe aplicar los métodos hasta lograr valores adecuados de resistencia en el electrodo de tierra (menores de 25 Ω .).


ALBERTO GIRALDO LOAIZA
C.C 10.267.789
CEI. 3166949045
M.P CL205 – 6176



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICATE OF CALIBRATION

DID-147 / VERSIÓN: 02 / REVISIÓN: 2018-09-19



Número: DID-147-0032

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Página 1 de 3

INSTRUMENTO:	TELURÓMETRO DIGITAL
INSTRUMENT	
FABRICANTE:	METREL
MANUFACTURER	
MODELO:	MI2088
MODEL	
NÚMERO DE SERIE:	12480986 / GC&I-TL-11
SERIAL NUMBER	
RANGO DE MEDICIÓN:	VER ESPECIFICACIONES
MEASUREMENT RANGE	
SOLICITANTE:	GRUPO DE CERTIFICACIONES E INSPECCIONES SAS
CUSTOMER	
DIRECCIÓN:	CALLE 98 No. 70 - 91 OFICINA 507, BOGOTÁ
ADDRESS	(CUNDINAMARCA), COLOMBIA
FECHA DE RECEPCIÓN:	2022-01-03
DATE OF RECEPTION	
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2022-01-09
DATE OF CALIBRATION	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2022-01-09
DATE OF ISSUE	
NÚMERO DE PÁGINAS:	3
NUMBER OF PAGES	

AUTORIZADO POR:
AUTHORIZED FOR

LUIS JORDAN
ESPECIALISTA TÉCNICO

Este certificado expresa única y fielmente el(los) resultado(s) para el ítem bajo calibración descrito. No debe ser reproducido total o parcialmente. Calibration Service S.A.S. no se responsabiliza de que el(los) resultado(s) corresponda(n) con este registro después de un uso inadecuado del instrumento calibrado por parte del cliente. Una nueva calibración deberá llevarse a cabo cuando el instrumento sea sometido a golpes, ajustes o reparaciones, independientemente del tiempo transcurrido desde la presente calibración. Los intervalos de calibración deben ser determinados de acuerdo a procedimientos de control establecidos por el usuario.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICATE OF CALIBRATION

DID-147 / VERSIÓN: 02 / REVISIÓN: 2018-09-19

Número: DID-147-0032

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Página 2 de 3

TRAZABILIDAD:

CALIBRATION SERVICE S.A.S. establece la trazabilidad de sus propios patrones de medición e instrumentos de medición al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones con laboratorios acreditados e institutos nacionales de metrología que se sujetan a los criterios de la norma internacional ISO/IEC 17025:2005 "REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN".

INFORMACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS:

INSTRUMENTOS PATRÓN EMPLEADOS EN LA CALIBRACIÓN			
Equipo:	CALIBRADOR MULTIFUNCIÓN	Marca:	FLUKE
Certificado No:	1643343	Modelo:	5320A
Fecha de calibración:	2018-02-13	Serie:	517701014 / CS-CC-006
Equipo:	TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL	Marca:	T&D
Certificado No:	CMK-HR-17195 / CMK-TH-17182	Modelo:	RTR-503
Fecha de calibración:	2017-08-02	Serie:	42BC0239 / CS-TE-004
Equipo:	CRONOMETRO DIGITAL	Marca:	CONTROL COMPANY
Certificado No:	1045-8786476	Modelo:	1046
Fecha de calibración:	2017-06-09	Serie:	170617666
INSTRUMENTO CALIBRADO			
Instrumento	TELURÓMETRO DIGITAL	Modelo:	MI2088
Fabricante:	METREL	Serie:	12480986 / GC&I-TL-11
Resolución:	VER ESPECIFICACIONES	Rango:	VER ESPECIFICACIONES

MÉTODO:

Comparación directa.

DOCUMENTO DE REFERENCIA:

Procedimiento interno para la calibración de telurómetros PIC-05-C versión 01.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN:

MAXIMA		MINIMA		VARIACION MAXIMA	
Temperatura:	19,2 °C	Temperatura:	18,6 °C	Temperatura:	0,6 °C
Humedad relativa:	55 % HR	Humedad relativa:	54 % HR	Humedad relativa:	1 % HR



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CERTIFICATE OF CALIBRATION

DID-147 / VERSIÓN: 02 / REVISIÓN: 2018-09-19



ISO/IEC 17025:2005
10-LAC-007

Número: DID-147-0032

Página 3 de 3

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN:

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura indicado en las tablas de datos obtenidos durante la calibración para obtener una probabilidad de cobertura aproximada al 95% y no menor a este valor.

DATOS OBTENIDOS DURANTE LA CALIBRACIÓN

MEDICIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA					
Rango de Medición	Lectura Patrón	Lectura promedio del IBC	Error promedio de medición	Factor de cobertura	Incertidumbre Expandida
20,00 Ω	1,000 Ω	1,01 Ω	0,010 Ω	2,0	0,013 Ω
20,00 Ω	5,000 Ω	5,01 Ω	0,010 Ω	2,0	0,017 Ω
20,0 Ω	10,000 Ω	10,02 Ω	0,020 Ω	2,0	0,025 Ω
20,0 Ω	20,000 Ω	20,00 Ω	0,000 Ω	2,0	0,040 Ω
200 Ω	25,000 Ω	25,1 Ω	0,100 Ω	2,0	0,092 Ω
200 Ω	50,000 Ω	50,1 Ω	0,10 Ω	2,0	0,12 Ω
200 Ω	100,00 Ω	100,2 Ω	0,20 Ω	2,0	0,17 Ω

MEDICIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA EN FUNCIÓN DE CONTINUIDAD					
Rango de Medición	Lectura Patrón	Lectura promedio del IBC	Error promedio de medición	Factor de cobertura	Incertidumbre Expandida
20,0 Ω	0,500 Ω	0,4 Ω	-0,100 Ω	2,0	0,081 Ω
20,0 Ω	1,000 Ω	0,9 Ω	-0,100 Ω	2,0	0,080 Ω
20,0 Ω	2,000 Ω	1,9 Ω	-0,100 Ω	2,0	0,080 Ω
20,0 Ω	5,000 Ω	4,90 Ω	-0,100 Ω	2,0	0,018 Ω

OBSERVACIONES:

La calibración se realizó en las instalaciones permanentes de Calibration Service S.A.S.

Para la función en medición de resistencia de continuidad, se realizó un corto en los bornes de salida y la lectura obtenida en el indicador, se restó en cada uno de los puntos tomados para la calibración.

FIN DEL CERTIFICADO

ALBERTO GIRALDO LOAIZA

INGENIERO ELECTRICISTA

EL PRESIDENTE Y EL SECRETARIO DEL CONSEJO

PROFESIONAL SECCIONAL DE INGENIERIAS ELECTRICA, MECANICA
Y PROFESIONES AFINES DE **CALDAS**

CERTIFICAN:

Que **ALBERTO GIRALDO LOAIZA**
fue matriculado como **INGENIERO ELECTRICISTA**
al tenor de lo ordenado en la Resolución que en lo pertinente se copia enseguida:

RESOLUCION NUMERO **002** DE **1994**
(**ABRIL 5**)
MATRICULA NUMERO **CL205-6176**

EL CONSEJO PROFESIONAL SECCIONAL DE INGENIERIAS ELECTRICA, MECANICA Y PROFESIONES AFINES
DE **CALDAS**

RESUELVE:

Decretar como en efecto DECRETA la matrícula DEFINITIVA DE **ALBERTO GIRALDO LOAIZA**
nacional de **LA MERCEDE (CDS.)** vecino de **MANIZALES**
con C. de C.No. **10.267.789** de **MANIZALES** y Libreta Militar
No. **10.267.789** del D.M. **31** de **MANIZALES** para que pueda ejercer
la profesión de **INGENIERO ELECTRICISTA**
únicamente en cuanto se refiere a su denominación y definición, en todo el territorio de la República de Colombia, de
acuerdo con la Ley 51 de 1986 y su Decreto Reglamentario 1167 de 1987.
En consecuencia, inscribale en el Libro de Matriculas y expídasele el correspondiente certificado, una vez consulta-
da y confirmada por el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines.
Dada en **Manizales**, dentro de la sesión del día **5** de **ABRIL** de **1994**
(Fdo.) **MARINO GIL ZULUAGA** Presidente. (Fdo.) **JUAN DAVID AGUILAR**
GOMEZ Secretario.
Confirmada por el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines, mediante
Resolución No. **018** de **1994** (**MAYO 4**)
Entregada en **Manizales** a los **26** días del mes de **MAYO** de mil novecientos **94**

Presidente
Secretario

Escaneado con CamScanner

ALBERTO GIRALDO LOAIZA
INGENIERO ELECTRICISTA
