

**PROPUESTA PARA LA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE PUESTA A
TIERRA DE REDES TELEFÓNICAS EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ
PERTENECIENTES A E.P.M. BOGOTÁ**

JHON JAIRO GÓMEZ ALVERNIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2004**

**PROPUESTA PARA LA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE PUESTA A
TIERRA DE REDES TELEFÓNICAS EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ
PERTENECIENTES A E.P.M. BOGOTÁ**

JHON JAIRO GÓMEZ AIVERNIA

**Director
ING. CIRO JURADO**

**Trabajo presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Electricista.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2004**



UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE
SANTANDER

NOTA DEL PROYECTO DE GRADO

Nombre del Estudiante JHON JAIRO GÓMEZ ALVERNIA		CODIGO 1952222
TITULO DEL PROYECTO PROPUESTA PARA LA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE REDES TELEFÓNICAS EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ PERTENECIENTES A E.P.M. BOGOTÁ		
CODIGO	FACULTAD INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS	CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA
CALIFICACIÓN CUATRO, CINCO (4,5)		CRÉDITOS 15
DIRECTOR DEL PROYECTO		
NOMBRE CIRO JURADO JÉREZ		FIRMA
CALIFICADORES		
F N	 RAÚL OMAR VILA CASADO	F N
	 RAFAEL C. ARISMENDY WEEBER	
		FECHA A M D 2004 02 23



UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE
SANTANDER

NOTA DEL PROYECTO DE GRADO

Nombre del Estudiante JHON JAIRO GÓMEZ ALVERNIA		CODIGO 1952222
TITULO DEL PROYECTO PROPUESTA PARA LA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE REDES TELEFÓNICAS EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ PERTENECIENTES A E.P.M. BOGOTÁ		
CODIGO	FACULTAD INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS	CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA
CALIFICACIÓN APROBADO		CRÉDITOS 15
DIRECTOR DEL PROYECTO		
NOMBRE CIRO JURADO JÉREZ		FIRMA
CALIFICADORES		
F N	 RAÚL OMAR VILA CASADO	F N
	 RAFAEL C. ARISMENDY WEEBER	
		FECHA A M D 2004 02 23

A mis PADRES por la confianza depositada en mí

A mis HERMANOS por su paciencia

JHON JAIRO GÓMEZ

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

- A CIRO JURADO. Ing. Profesor de la escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander por su apoyo y sus valiosas orientaciones como director de Proyecto de grado.
- A Todos los profesores de la escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones por su trabajo y compromiso en el transcurso de nuestra formación profesional y personal.
- A Todas las personas que de alguna u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. MARCO TEÓRICO	25
1.1 LA RED DE LA PLANTA EXTERNA EN EL ÁREA DE LAS TELECOMUNICACIONES	25
1.2 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN EN REDES DE COMUNICACIÓN	26
1.2.1 Red directa entre abanados	26
1.2.2 Red monocéntrica	26
1.2.3 Red múltiple o policéntrica	28
1.2.3.1 Red troncal	28
1.2.3.2 Red primaria o directa	28

1.2.3.3 Red secundaria	28
1.3 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA (SPT) EN REDES TELEFÓNICAS	34
1.3.1 La composición	36
1.3.2 Humedad y concentración de sales	36
1.3.3 Temperatura	36
1.3.4 Compacidad y granulometría	37
1.3.5 Estratigrafía	37
1.4 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ	37
1.5 MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO	38
1.5.1 Método de Wenner	38
1.6 MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	39
1.6.1 Método de la caída de potencial o método del 62%	40
1.7 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA	41

1.7.1	Electrodos fuera de la norma	41
1.7.2	Estructura metálica en las edificaciones	42
1.7.3	Electrodos de concreto armado	43
1.7.4	Anillo de tierra	43
1.8	ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA ESPECIALMENTE CONSTRUIDOS	44
1.8.1	Electrodos de varilla o tubería	44
1.8.2	Electrodos de placa	45
1.8.3	Estructuras metálicas enterradas	45
1.9	MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A TIERRA	45
1.9.1	Varillas de mayor diámetro	45
1.9.2	Varillas mas largas	46
1.9.3	Varillas en paralelo	47
1.10	MEJORAMIENTO DEL TERRENO	49
1.11	CONECTORES	51

1.12 REGISTROS	53
1.13 CONDUCTORES DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA	54
1.14 MALLAS	55
1.15 CABLES DE CONEXIÓN A TIERRA EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	57
2. TÉCNICA ACTUAL	59
2.1 RECURSOS	59
2.1.1 Recursos humanos	59
2.1.2 Recursos materiales	59
2.1.3 Recursos técnicos	60
2.2 MEDICIONES	62
2.2.1 Medición de la resistividad aparente del terreno	62
2.2.2 Medida de la resistencia de puesta a tierra	62
2.2.3 Preparación del terreno	63
3 INFORME DE SEGUIMIENTO DE LA TÉCNICA	70

ACTUAL Y DIAGNOSTICO

4. TÉCNICA PROPUESTA	71
4.1 PROCEDIMIENTOS	71
4.1.1 MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO (MÉTODO DE Wenner)	71
4.1.2 INSTALACIÓN	75
4.1.2.1 En pozo vertical de 15 kilogramos de Hidrosolta	79
4.1.2.2 En pozo horizontal de 90 kilogramos de Hidrosolta	82
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	83
4.2.1 Capacitación del personal	83
4.2.2 Recomendaciones de seguridad	85
4.2.2.1 Demarcación y señalización del peligro	85
4.2.2.2 Eliminación del peligro	86
4.2.2.3 Control del peligro	87
4.2.2.4 Entrenamiento técnico del personal en la prevención de accidentes	87

4.2.2.5 Utilización correcta de los equipoe de protección personal	87
5. CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXO A	94
ANEXO B	95
ANEXO C	97

LISTA DE TABLAS.

		Pag.
Tabla 1	Valores medios de resistividad según la composición del terreno.	36
Tabla. 2.	Rangos de resistencia del Telurómetro Geotest 2016.	60
Tabla. 3.	Rangos de resistividad del Telurómetro Geotest 2016	61

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1.	Red Directa Entre Abonados.	27
Figura 2.	Red Monocéntrica.	27
Figura 3	Red Múltiple o Policéntrica.	29
Figura 4.	Manguito y cable mensajero.	30
Figura 5.	Caja de dispersión al final de circuito con puesta a tierra	30
Figura 6	Conexión a tierra en el manguito de cámara	31
Figura 7.	Conexión equipotencial.	31
Figura 8.	Puesta a tierra de empalmes canalizados.	32
Figura 9	PT de armario de distribución en caja doble tapa.	33
Figura 10.	Mango ó Manguito de empalme.	34
Figura 11	Cable multipar.	34
Figura 12	Método de Wenner.	39
Figura 13.	Instalación de electrodo de puesta a tierra.	41
Figura 14	Método de la caída de potencial o método del 62	46
Figura 15.	Relación de resistencia con varillas de mayor diámetro	47
Figura 16.	Relación de resistividad con varillas más largas.	48
Figura 17.	Método de Barra electrolítica,	51
Figura 18.	SPT con tratamiento de sales	52
Figura 19.	Conexiones de soldadura exotérmica	53
Figura 20	Conexiones a presión o mecánicas.	53
Figura 21	Abrazaderas y conectores mecánicos	54
Figura 22	Registro	54
Figura 23.	Diferentes tipos conexiones en malla	58

Figura 24	Telurómetro, molde de grafito y soldadora exotérmica	64
Figura 25.	Conexión para la medición de la resistencia de la PT.	65
Figura 26.	Delimitación del área de trabajo y seguridad.	66
Figura 27.	Pozo de puesta a tierra de cámara subterránea	67
Figura 28.	Mezcla para un SPT en Final de cto.	67
Figura 29.	Mezcla par una cámara	68
Figura 30.	Preparación de la Hidrosolta.	68
Figura 31.	Aplicación de Hidrosolta en la base del pozo.	69
Figura 32.	Aplicación de carbón mineral y tierra negra	69
Figura 33.	Preparación de la conexión exotérmica.	70
Figura 34.	Encendido de la pólvora.	70
Figura 35.	Conexión exotérmica del electrodo	71
Figura 36.	Método de Wenner	76
Figura 37.	Rotación 90° de los electrodos	77
Figura 38.	Formas de instalación de los electrodos	79
Figura 39.	Reubicación del electrodo en finales de cto.	82
Figura 40	Electrodos en paralelo en finales de cto.	82
Figura 41.	Cable de conexión de puesta a tierra aéreo	84
Figura 42.	Sistema telefónico con SPT	84
Figura 43.	Demarcación y señalización del área de trabajo	90
Figura 44.	Equipo de protección personal para aplicación de la soldadura exotérmica	92

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo A.	Formato de mantenimiento preventivo - sistema de medidas de tierra	94
Anexo B.	Formato de para manejo y preparación de la soldadura Termoweld	95
Anexo C.	Formato de Procedimientos de medidas de resistencia de puesta a tierra.	96

ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

ANSI:	American National Standards Institute.
AWG:	American Wire Gage (Galga Americana Para Cables)
BE:	Barraje Equipotencial
c.a:	Corriente alterna.
Cto.	Circuito..
DPS:	Dispositivo de protección contra Sobre tensiones transitorias.
INCONTEC:	Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
IEC.	International Electro Technical Commission.
IEEE.	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
NEC:	National Electrical Code (Código Eléctrico Americano)
NTC	Norma técnica Colombiana
SPT:	Sistema de Puesta a Tierra.
THW:	Thermoplastic Heat Wet (Termoplástico resistente a la humedad)

DEFINICIONES RELACIONADAS CON TELEFONÍA Y PUESTAS A TIERRA.

Armario: Subrepartidor que divide la distribución de pares en exteriores y locales.

Anilla: Pieza de hierro que sustenta el cable en el mensajero.

Aislamiento: Debe entenderse como aislamiento el material usado para aislar un conductor de otros. Para este fin se emplea papel de alta calidad, polietileno y cloruro de vinilo.

Auto soportado: (A.S.) Tipo de cable plástico que incorpora el mensajero al propio cable.

Cámara: Recinto subterráneo para unir o empalmar los cables.

Central local: Central a la que se conectan los abonados.

Línea de abonado: Circuito que une los aparatos de abonado con las centrales locales.

Central Tandem: Central empleada para conectar centrales locales dentro de una red metropolitana.

Centro primario: Centro al que están conectadas las centrales locales y por conducto del cual se establece en las comunicaciones interurbanas.

Conductores: Un conductor es un hilo de cobre redondo, homogéneo y sólido previamente recocido. Según las consideraciones económicas es también posible utilizar conductores de aluminio.

Conexión de puesta a tierra: Soldadura exotérmica, lengüeta certificada, conector a presión o de cuña certificado o abrazadera certificada destinados a asegurar dos o mas componentes de un sistema de puesta a tierra (SPT), por medio de una conexión especial diseñada.

Conexión equipotencial: Conexión eléctrica de tal manera, ante el paso de una corriente quedan esencialmente al mismo potencial.

Corrientes espurias: Aquellas que circulan en el terreno y en la puesta a tierra por algún defecto.

Distribuidor principal: De una central telefónica es el órgano de conexión al que llegan, por un lado, los cables que contienen los pares de las líneas de abonado y por el otro, el multiplaje de la central. Está concebido de tal forma que cualquiera de los pares en el cable se pueda conectar con cualquiera de las posiciones del multiplaje.

Ductos: Tubos de PVC por donde pasan los cables subterráneos.

Empalme: Unir los pares de dos o más cables.

Electrodo de puesta a tierra: Conductor o grupo de ellos en contacto con el suelo, para proporcionar una conexión eléctrica con el terreno.

Interconexión: Circuito que enlaza centrales locales con un centro primario.

Fibra óptica: Cable que transporta espectro de luz.

Inducción: Señales ajenas al sistema normal de comunicación.

Local: Pares de distribución que alimentan las cajas terminales, desde los armarios.

Línea de acometida: parte de la línea de abonado que va del punto de dispersión al inmueble del abonado.

Mensajero: Cable de acero que sustenta el cable aéreo.

Par: Líneas de los alambres A y B en la misma dirección que forman el circuito de cada abonado.

Puesta a tierra: Grupo de elementos equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende conexiones, cables enterrados y electrodos.

Punto de distribución: Órgano de conexión pasivo entre la red primaria y la red secundaria también llamado ARMARIO.

Punto de dispersión: Último punto de la red local de cables a partir de los cuales se distribuyen los pares que van a los domicilios de los abonados.

Red primaria: Circuitos que unen los bloques del distribuidor general con los bloques primarios de los armarios.

Red Secundaria: Circuitos que enlazan los bloques secundarios de los ARMARIOS con los puntos de dispersión o CAJA.

Red Local: Se aplica a las instalaciones exteriores de líneas de abonados y de circuitos de enlace de la parte de la red nacional.

Regleta: Pieza metálica unida a la pared de la cámara, que permite sujetar los ganchos

Resistividad del terreno: Es la resistencia específica de una sustancia y se mide en ohmios-metro.

Suelo artificial: Compuesto preparado industrialmente de baja resistividad para potenciar la conductividad de un electrodo enterrado.

Terminal: Borne para conectar el par.

Telurómetro: Equipo diseñado para medición de resistividad y resistencia de sistemas de puestas a tierra.

Troncal: Circuito que une las centrales locales de una red local.

Tubería: Conjunto de ductos por donde pasan los cables subterráneos.

Zona de servicio directo: Zona en que los pares de abonado están conectados directamente a la central sin pasar por un punto de distribución.

Zona de dispersión: Zona servida por un punto de distribución.

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA PARA LA ADECUACIÓN DE SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA DE REDES TELEFÓNICAS EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ PERTENECIENTES A E.P.M. BOGOTÁ *

AUTOR: GÓMEZ ALVERNIA, JHON JAIRO **

PALABRAS CLAVES: Electrodo, Método de Wenner, Planta externa, puesta a tierra, redes telefónicas, resistencia a tierra, resistividad

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo, resultado de una práctica empresarial, busca básicamente, realizar una propuesta para la adecuación de sistemas de puesta a tierra, con el objetivo principal de obtener valores de resistencia a tierra por debajo de los 10Ω en sistemas de redes telefónicas pertenecientes EPM Bogotá, debido a que se han tenido algunas dificultades para establecer el componente químico adecuado para el mejoramiento de terreno y así disminuir el valor óhmico de dichos sistemas a tierra.

Dicha Propuesta, brindará a la empresa (JE Jaimes Ingenieros) un mecanismo operativo para realizar la adecuación de los sistemas de puesta a tierra ya existentes, cumpliendo con normas que la empresa tiene estipulados en sus sistemas de gestión de calidad y seguridad.

El texto contiene una recopilación de información sobre sistemas de puesta a tierra y sistemas de telefonía alámbrica, un seguimiento de la técnica actual, un informe del seguimiento y un capítulo donde se describe la técnica propuesta, junto con formatos de registro, tres ciclos para la capacitación del personal y algunas recomendaciones de seguridad. Esta metodología fue necesaria para realizar una propuesta técnica, que cumpla con los requisitos que exige EPM Bogotá y que sea acorde con las necesidades de la empresa, tanto en calidad y costos.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica y Electrónica. Ciro Jurado.

SUMMARY

TITLE: PROPOSAL FOR THE ADAPTATION OF SYSTEMS OF GROUNDED OF PHONE NETS IN THE URBAN AREA DE BOGOTÁ BELONGING TO E.P.M. BOGOTÁ *

AUTHOR: GÓMEZ ALVERNIA, JHON JAIRO **

PASSWORDS: Electrodes, Method of Wenner, Plants external, grounded, phone nets, resistance to earth, resistivity

DESCRIPTION:

This work, result of a managerial practice, looks for basically, to carry out a proposal for the adaptation of systems of grounded, with the main objective of obtaining resistance securities to earth below the 10Ω in systems of belonging phone nets EPM Bogotá, because some difficulties have been had to establish the appropriate chemical component for the improvement of terrestrial and this way to diminish the value ohmico of this systems to earth.

This Proposal, will toast to the company (JE Jaimes Engineers) an operative mechanism to already carry out the adaptation of the systems of grounded existent, fulfilling norms that the company has specified in its systems of administration of quality and security.

The text contains a summary of information it has more than enough systems of grounded and systems of wire telephony, a pursuit of the current technique, a report of the pursuit and a chapter where the technique proposal is described, together with registration formats, three cycles for the personnel's training and some recommendations of security. This methodology was necessary to carry out a technical proposal that fulfils the requirements that EPM Bogotá demands and that it is in agreement with the necessities of the Company, so much in quality and costs.

* Grade work.

* * Faculty of Engineering Physique-Mechanical.

INTRODUCCIÓN

Las redes de comunicaciones alámbricas nacionales e internacionales el día de hoy no solo transportan voz sino también datos e imágenes que exigen gran confiabilidad y calidad; por tanto, estos equipos de transmisión requieren de mayor protección y mantenimiento. Se ha comprobado que la instalación incorrecta del sistema de conexión a tierra es uno de los principales motivos del deterioro de las redes telefónicas, debido a que ocasiona la disminución de la vida útil de los cables y el desequilibrio eléctrico del sistema en general; provocando en algunos casos daños, problemas y errores en la transmisión de datos. **J.E. Jaimes ingenieros** es una empresa contratista con amplia cobertura nacional e internacional que realiza proyectos de ingeniería especializada; actualmente en el proyecto de telefonía llamado “Proyecto E.P.M. Bogotá” realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de las líneas de sistemas de telefonía alámbrica e inalámbrica pertenecientes a E.P.M Bogotá. Este mantenimiento se realiza mediante la medición de los valores óhmicos de las puestas a tierra existentes, si estos valores son mayores a 10 ohmios se efectúan las correcciones y adecuaciones en el sistema. En el desarrollo de la propuesta se hará el seguimiento de la técnica actual y se propondrá una técnica que pueda suplir los requerimientos exigidos por E.P.M Bogotá y que optimice los costos de la adecuación de acuerdo con las necesidades de la empresa.

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

OBJETIVO GENERAL.

Proponer un mecanismo operativo para la adecuación de sistemas de puesta a tierra de redes telefónicas alámbricas en el área urbana de Bogotá pertenecientes a E.P.M. Bogotá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Proponer una alternativa que permita disminuir los valores resistivos de los sistemas de puesta a tierra de las redes telefónicas en el área urbana de Bogotá, pertenecientes a E.P.M. Bogotá.
- Optimizar el uso y el costo de los materiales empleados en el mantenimiento y adecuación de los sistemas de puesta a tierra.
- Establecer el componente químico adecuado para el relleno del suelo artificial, según el tipo de terreno.
- Cumplir con los requisitos que exige la universidad para optar al título de ingeniero electricista; según lo estipulado en el capítulo 9 artículos 126 al 129 del reglamento estudiantil de pregrado de la UIS.
- Adquirir experiencia laboral en las áreas operativas y administrativas de una organización del sector eléctrico, partiendo desde su constitución como empresa pasando por su organización y el funcionamiento de la misma.

1. MARCO TEÓRICO

La información que se presenta a continuación, busca ayudar a comprender la estructura general en un sistema de redes de comunicación telefónica y en los sistemas de puesta a tierra.

1.1. LA RED DE PLANTA EXTERNA EN EL ÁREA DE LAS TELECOMUNICACIONES

La red de planta externa esta conformada por todos los elementos físicos necesarios para la distribución y funcionamiento del sistema telefónico proyectado con cables multipares, creando el soporte necesario para identificar, sustentar y proteger los medios de transmisión telefónica, estos elementos se dividen en tres partes:

- a. **Canalización:** La canalización esta constituida por la obra civil de planta externa (ductos, canalización, cámaras etc.).
- b. **Líneas:** Esta parte esta constituida por todos los elementos que están relacionados con el montaje los cables. (Postes, tendido de cable, tendido de mensajero, sujeción de cables, riostras, anclas etc.).
- c. **Empalmes:** Esta parte esta constituida por la unión de los cables, (identificación de cuentas, distribución de las cajas terminales, manutención de la red, protección de la misma transferencias, empalmes, aplicar normas de trabajo etc.).

1.2. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN EN REDES DE COMUNICACIÓN.

Las redes de telecomunicaciones han tenido un notable desarrollo en el transcurrir del tiempo, lo que ha permitido aprovechar al máximo los recursos de transmisión de señales, logrando así un gran avance en las transmisiones de alta velocidad. Por regla general, una línea telefónica de abonado está constituida por un circuito de dos hilos (denomina normalmente PAR), entre el Distribuidor General de la central local y el aparato de abonado.

En su forma más simple, una red local puede estar constituida por líneas de hilos desnudos o por pares de conductores aislados que van desde el Distribuidor General hasta el aparato de abonado. Resulta, sin embargo, más cómodo y económico, agrupar los pares en un cable que termine en un punto de divergencia de pares.

Como la constitución de estas líneas inmoviliza un capital considerable, es esencial dar a las redes de abonado una flexibilidad que permita adaptarse a situaciones imprevistas (por ejemplo, poder utilizar, en caso necesario ciertas líneas provenientes de una central en diversos puntos de distribución). Con este fin, se han concebido en varios países diferentes tipos de redes que presentan un mayor o menor grado de adaptación. A continuación veremos como se han ido modificando los diferentes sistemas de red de abonados ó usuarios conectados a la misma.

1.2.1. Red Directa Entre Abonados. Este sistema consiste en la unión de cada abonado con todos los demás abonados de la red, la forma de comunicarse entre si es por medio de un selector el cual conecta el abonado con el requerido (véase figura 1).

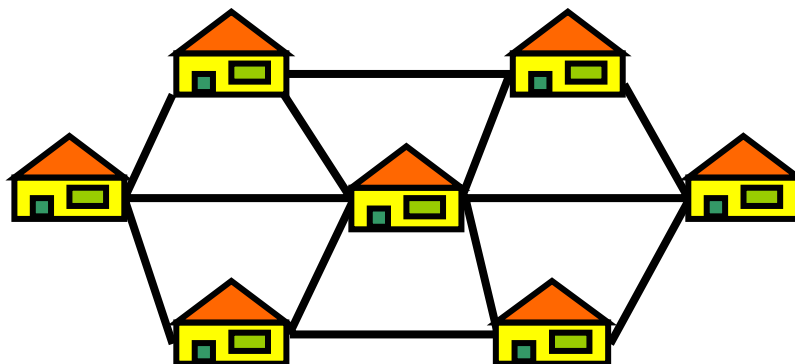


Figura 1 Red Directa Entre Abonados.

1.2.2. Red Monocéntrica. Este sistema consiste en concentrar todas los cables en un repartidor principal para luego distribuir las comunicaciones por medio de cables a los diferentes abonados. En la medida que el área aumenta su densidad se extiende y se presentan problemas para las necesidades de la Central, por el aumento de la resistencia óhmica de la línea y la atenuación en los pares. La comunicación es realizada por medio de operadora, la cual recibe la llamada a través de batería Central o Magneto desde el mismo abonado. Este tipo de red aún es utilizada en algunos lugares del mundo sin embargo por su elevado costo de líneas y personal está en extinción (véase figura 2).

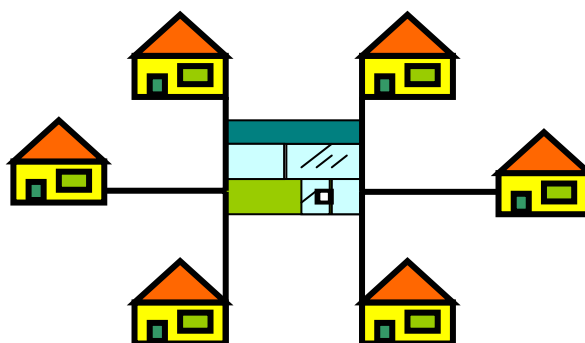


Figura 2. Red Monocéntrica.

1.2.3. Red Múltiple o Policéntrica. Este sistema consiste en disminuir la longitud de los cables y la capacidad de la central, interconectando por medio de cables troncales todas las centrales entre si.

Actualmente las redes telefónicas requieren de sofisticados sistemas en su manutención y construcción debido a que los pares no solo son usados en la transmisión de bajas frecuencias, sino que son capaces de transportar una amplia gama de otros sistemas, como transmisión de datos, video, fax, Internet, etc. Los diferentes tipos de redes son conectados a través de cables multipares, los cuales se proyectan desde la central telefónica, estas conexiones se clasifican en tres grupos, red troncal, red directa y red secundaria, de acuerdo a los lugares donde se distribuyen.

1.2.3.1. Red Troncal: Es la red que realiza la distribución entre centrales telefónicas. Los pares se denominan pares de entronque. Actualmente EPM realiza esta conexión en configuración de anillo en Fibra óptica (véase figura 3).

1.2.3.2. Red primaria ó Directa: Es la red que realiza la distribución directamente a las cajas de dispersión con los cables que salen del distribuidor de la central sin pasar por el armario (véase figura 3).

1.2.3.3. Red secundaria: Se denomina red secundaria a la distribución de los cables para alimentar las cajas de dispersión o bloques de red interna en los edificios, a partir del armario de distribución. Así entonces, el armario telefónico recibe de la red primaria que viene de la central telefónica los cables que salen del distribuidor de la central y realizan la distribución a las cajas de dispersión y de

éstas a su vez se realiza la distribución a los abonados (véase figura 3).

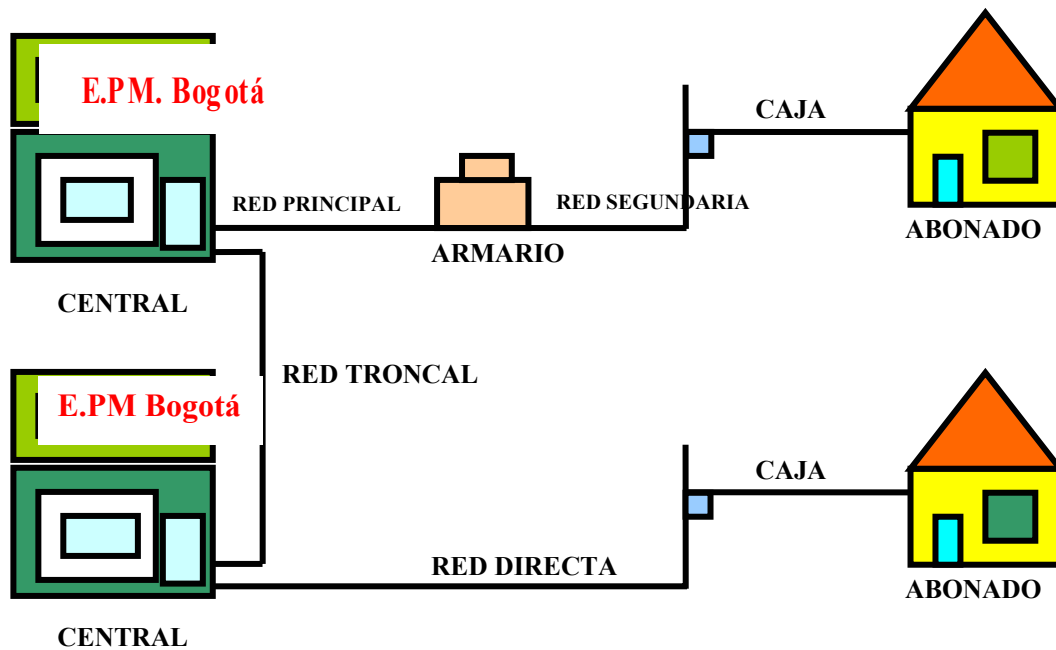


Figura 3. Red Múltiple o Policéntrica.

Existen dos tipos de redes secundarias, la red Aérea y la red Canalizada.

- a. Red Aérea: El montaje telefónico se realiza a través de los postes de concreto. Los cables telefónicos son sostenidos por un cable de acero denominado el cable mensajero como lo muestra la (véanse figura 4 y figura 5).

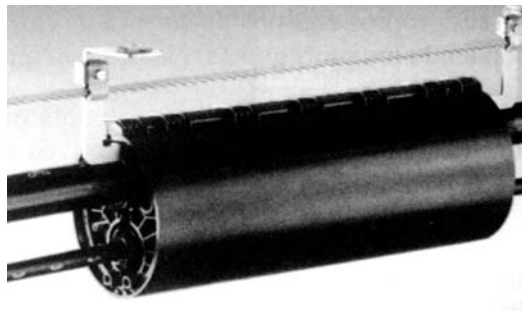


Figura 4. Manguito y cable mensajero.

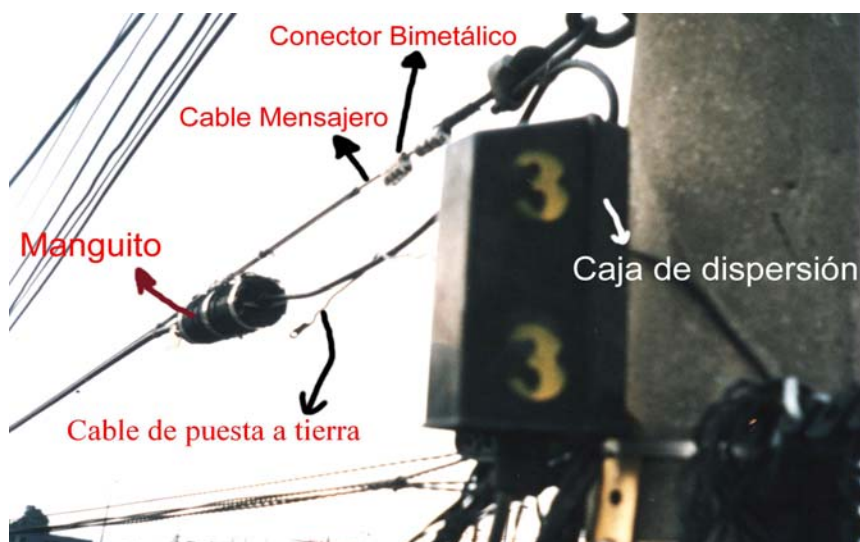


Figura 5. Caja de dispersión al final de circuito con puesta a tierra

- b. Red Canalizada: El montaje de los cables telefónicos se realiza a través de ductos bajo tierra. En las cámaras existe un barraje de conexión equipotencial de puesta a tierra donde se efectúa la conexión del conductor que llega del armario y los conductores que vienen de los mangos (véanse figura 6 y figura 7).



Figura 6. Conexión a tierra en el manguito de cámara



Figura 7. Conexión equipotencial.

Las cámaras donde se realizan los empalmes canalizados, son de tres tipos que dependen de la configuración y forma, en general la puesta a tierra de empalmes canalizados (véase la figura 8). Donde se muestra la conexión a tierra del mango y el barraje equipotencial, así como la conexión del barraje equipotencial al electrodo en el piso de la cámara.

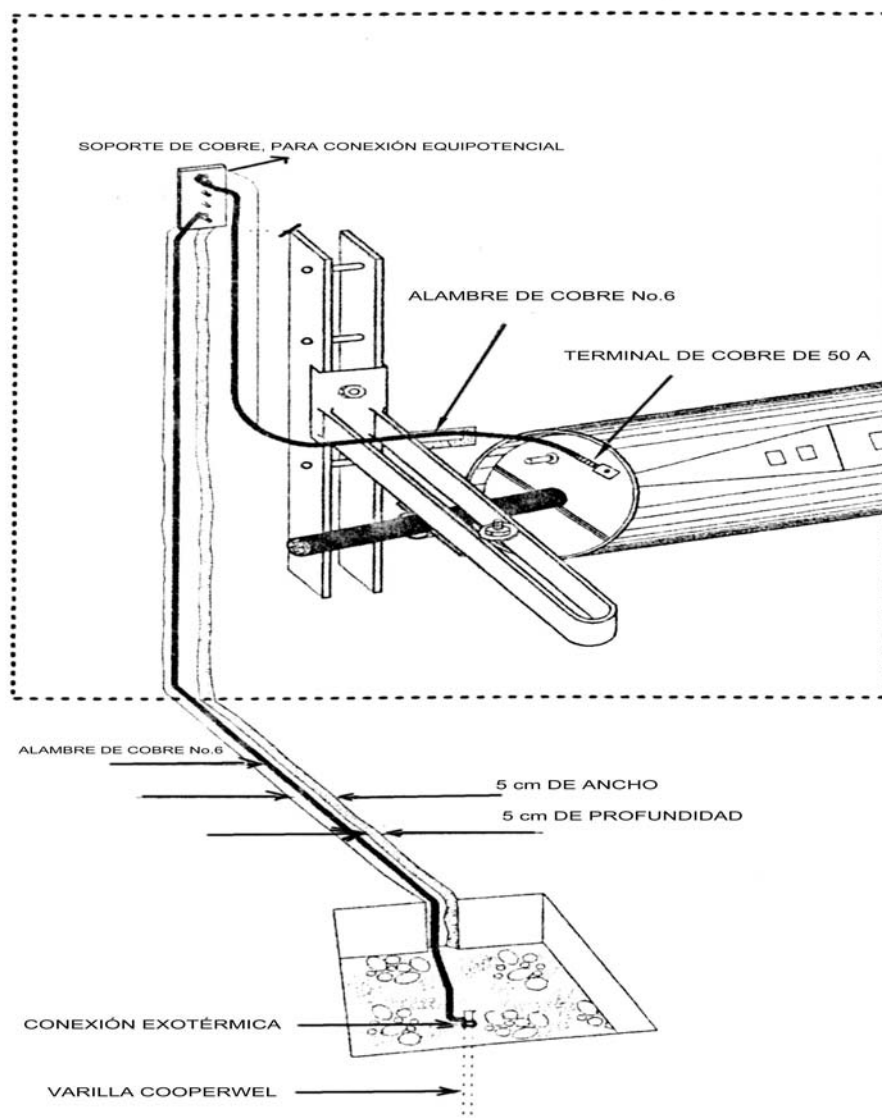


Figura 8. Puesta a tierra de empalmes canalizados.

Los armarios de distribución tienen la conexión de puesta a tierra en las cámaras de donde reciben la red principal o tienen su sistema de puesta a tierra en cajas doble tapa (véase figura 9).

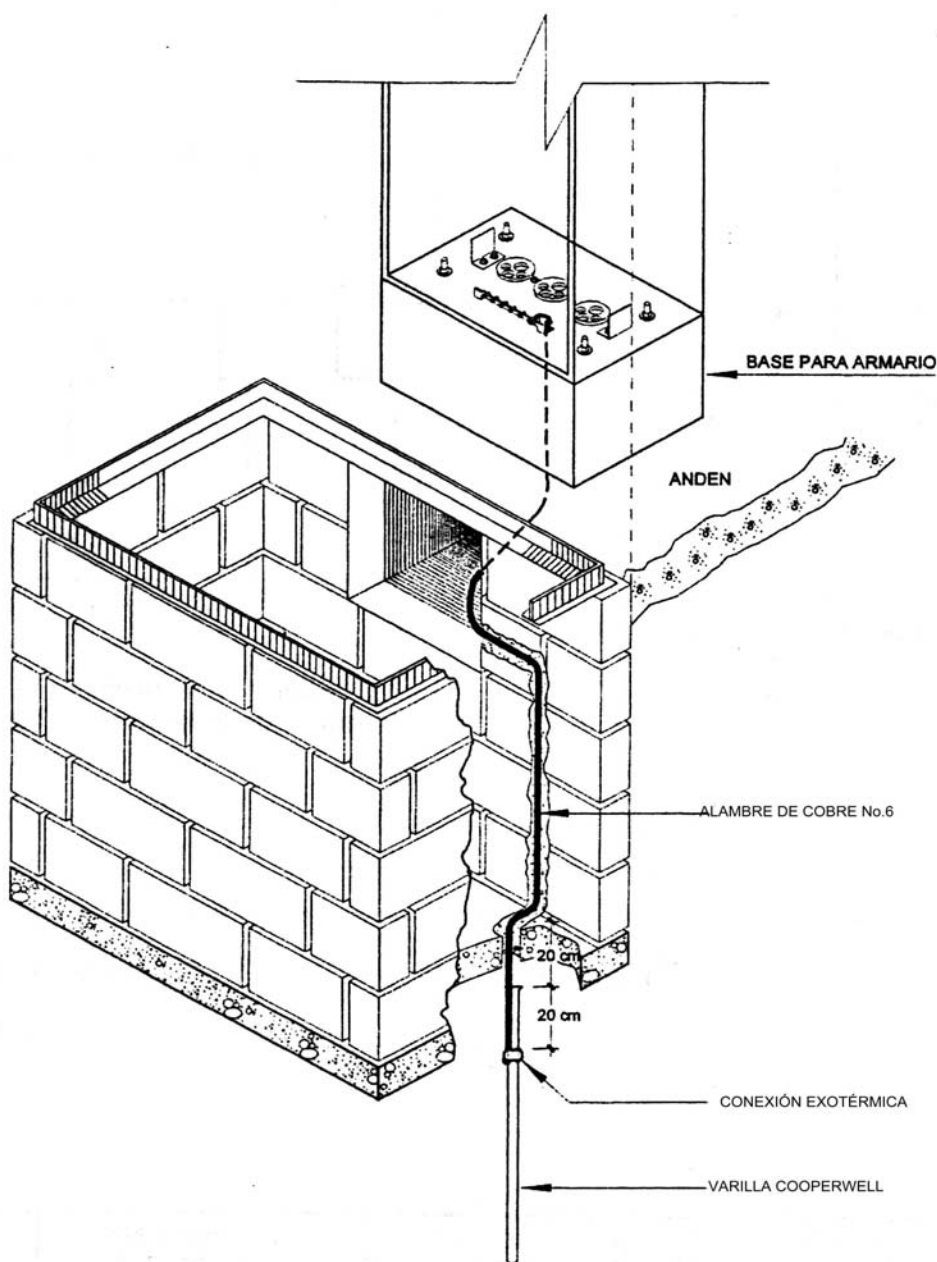


Figura 9. Puesta a tierra de armario de distribución en caja doble tapa.

Los empalmes ya sean aéreos o canalizados se realizan en el mango o manguito, que posee un tornillo para conexión de puesta a tierra (Véase figuras 10). Este tornillo tiene conexión con la pantalla de los cables telefónicos (véase figura 11), esta pantalla tiene como función disipar a tierra

todas las corrientes de carácter electromagnético que se inducen en los cables.



Figura 10. Mango ó Manguito de empalme.

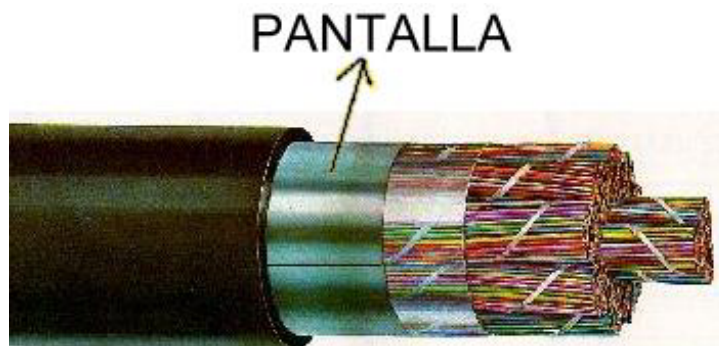


Figura 11. Cable multipar

1.3. SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA (SPT) EN REDES TELEFÓNICAS.

Un sistema de puesta a tierra (SPT) eficazmente instalado es una conexión o conexiones intencionales a tierra a través de una impedancia suficientemente baja y con capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la

aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o equipos conectados.

Las redes de telefonía requieren de una fuente de tensión y por tanto deben tener una conexión a tierra que pueda garantizar la seguridad para los operarios, además esta conexión a tierra debe proteger la red telefónica de descargas atmosféricas y sobretensiones inducidas.

Una red telefónica se debe descargar a tierra en los siguientes casos:

- 1- Los cables de las líneas telefónicas pasan paralelos a redes energía ya sean de alta, media ó baja tensión.
- 2- La pantalla del cable telefónico presenta inducciones.
- 3- En cámaras de armarios, debido a que protege tanto la red Primarias como la secundaria.
- 4- En cercanías de subestaciones de energía.
- 5- En transición de red canalizada a aérea, se descarga a tierra en el empalme más próximo.
- 6- En zonas de alta actividad de descargas atmosféricas.

Es importante como parte del diseño de una instalación de puesta a tierra, analizar el tipo de suelo. La conductividad del terreno varía con la composición de éste, por lo tanto un suelo arenoso no tiene tanta conductividad como un suelo fértil.

La resistividad del suelo es modificada por muchos valores, entre los factores más importantes están:

1. La composición.
2. Humedad y concentración de sales
3. Temperatura

4. Compacidad y granulometría.

5. Estratigrafía.

1.3.1. La composición. La variación de la resistividad del terreno es en virtud de la composición de los suelos, por tal motivo es necesario determinar su composición y concentración para efectuar la toma a tierra; la tabla 1 muestra los valores promedio de estas resistividades y sirve como referencia para estimar tales mediciones.

Tabla 1 Valores medios de resistividad según la composición del terreno.

NATURALEZA DEL TERRENO	VALOR MEDIO DE LA RESISTIVIDAD EN $\Omega.m$
Cultivable y fértil, compacto y húmedo	50
Cultivables poco fértiles	500
Pedregosos desnudos, arenas secas	3000

Fuente: Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) del reglamento AT -2003.

1.3.2. Humedad y concentración de sales. Los electrolitos formados por sales y agua contenidos en el terreno, son esencialmente los medios de conducción de corriente en el terreno. La cantidad de sales disueltas afectan la resistividad del terreno; en consecuencia el grado de humedad del terreno influye, de forma notable en su resistividad.

1.3.3. Temperatura. La resistividad del terreno aumenta a medida que descende la temperatura a valores cercanos a 0°C, debido a que afecta el movimiento de los electrolitos, así mismo temperaturas

elevadas (cerca de los 100°C) disminuye la humedad del terreno y por tanto aumenta la resistividad.

1.3.4. Compacidad y granulometría. Al aumentar el tamaño de los granos y disminuir el grado de compactación del terreno, se incrementa la resistividad. Para disminuir la resistividad se recomienda utilizar alrededor del electrodo tierra fina e ir compactando el terreno cuidadosamente.

1.3.5. Estratigrafía. La composición del suelo es generalmente estratificada en varias capas (generalmente de diferentes resistividades). En consecuencia la resistividad del terreno es la resultante de las correspondientes capas que la constituyen.

1.4. CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO EN EL ÁREA URBANA DE BOGOTÁ.

El área de Bogotá corresponde a un sinclinal del terciario tardío y relleno por depósitos de origen lacustre de la era cuaternaria, luego en el cretáceo la zona se cubrió por un océano somero; la zona luego se deprimió y fue cubierta por más de 16.800 m., de depósitos marinos.

Las características de la sabana de Bogotá están dadas por depósitos de limos, arcillas y ocasionalmente arenas, estas características se dieron por el ambiente propicio que dejó el relleno de arcillositas del terciario y la inundación de buena parte del cuaternario.

1.5. MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO.

La sección del conductor, la superficie de contacto y la resistividad del terreno son los tres factores más importantes en la construcción de un buen sistema de puesta a tierra. La resistividad del suelo no es uniforme y tiene múltiples variantes de acuerdo a las capas heterogéneas que lo componen; como se observó anteriormente y la conclusión que se obtiene es que el único camino viable para conocer el valor de la resistividad del terreno es medirlo.

Existen muchos métodos para medir la resistividad del terreno, entre ellos el método de los cuatro electrodos, de Schumberger o de gradiente, de palmer, de Wenner, de Lee; pero el método que posee gran aceptación, ya que es de mucha utilidad en diseños eléctricos es el método de Wenner.

1.5.1 Método de Wenner.

En el método de Wenner los electrodos se disponen en línea recta y equidistantes a una distancia "a", simétricamente respecto al punto que se desea medir (véase la figura 12).

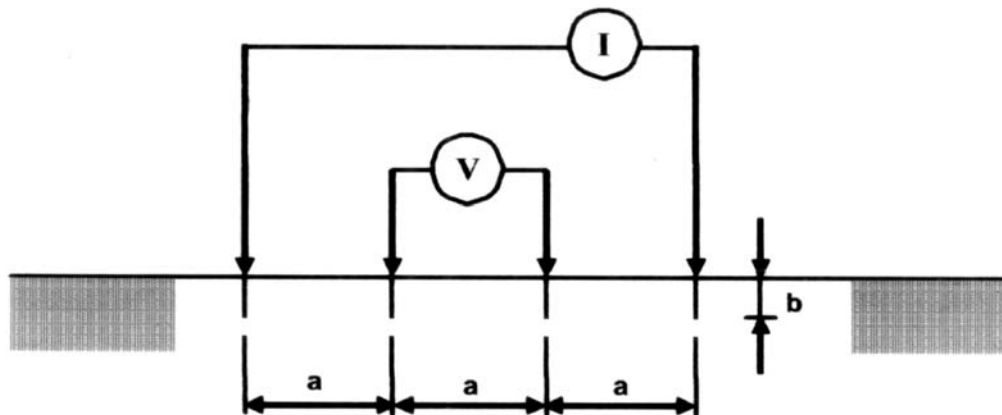


Figura 12. Método de Wenner.

La ecuación para el cálculo es:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)} \quad [\Omega\text{-m}] \quad \text{Ec. 1.}$$

ρ = Resistividad aparente del suelo en ohmios metro

a = Distancia entre electrodos adyacentes en metros

b = profundidad de enterramiento de los electrodos en metros

R = resistencia eléctrica medida en ohmios, calculada como V/I

Los electrodos externos son los electrodos de corriente y los internos son los electrodos de potencial. El eje de medida de resistividad se encuentra en medio de los electrodos de potencia y la profundidad de la exploración se puede admitir en forma práctica que es básicamente la de las capas comprendidas entre la superficie del suelo y la profundidad a la cual la densidad de corriente se ha reducido a la mitad de su valor en la superficie, siendo esta profundidad de investigación, h , comprendida entre “ a ” y “ 0.75 ”.

Cuando b es muy pequeño comparado con a la ecuación queda simplificada en:

$$\rho = 2\pi a R \quad [\Omega\text{-m}] \quad \text{Ec. 2.}$$

1.6. MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.

Existen varios métodos para la medida de la resistencia de puesta a tierra, entre ellos están el de la pendiente, el de intersección de curvas, el de triangulación etc. El método de la caída de potencial, es muy recomendado por su practicidad.

1.6.1 MÉTODO DE LA CAÍDA DE POTENCIAL O MÉTODO DEL 62%.

La figura 13 muestra la disposición del montaje para la medición de la resistencia de puesta a tierra y la gráfica muestra la curva de la medida resistencia a tierra, que se presente al variar la distancia del electrodo de tensión, se puede observar que existe una zona de potencial plano equivalente a un valor constante de resistencia. Ese es, por tanto, el verdadero valor de una resistencia de PT. este valor se encuentra con el electrodo de tensión al 62% del electrodo de corriente.

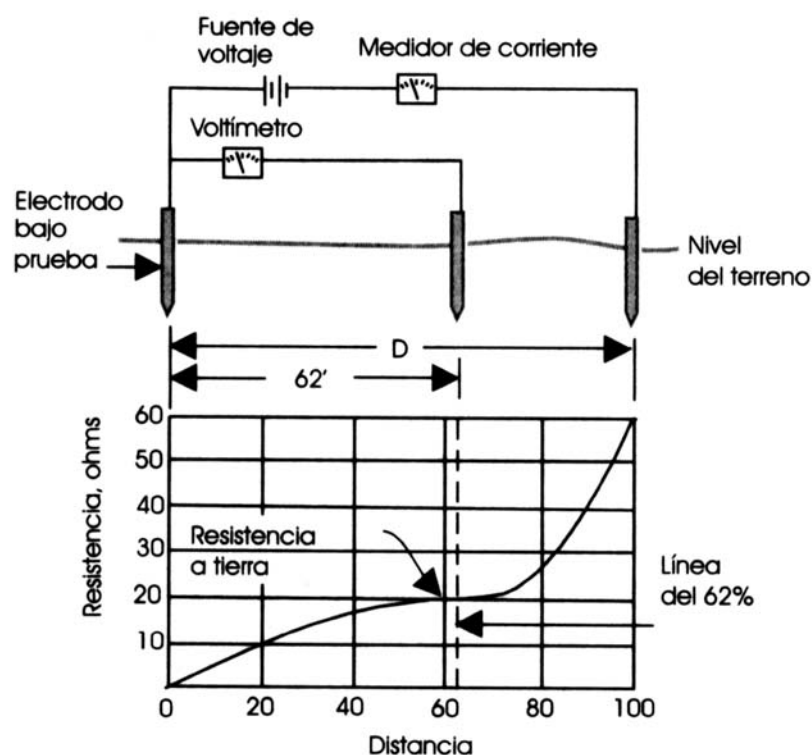


Figura 13. Método de la caída de potencial o método del 62%.

1.7. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.

Es muy importante tomar en cuenta que por norma, los electrodos de puesta a tierra en los sistemas de comunicación deben estar accesibles y preferiblemente cerca al puente de unión principal del sistema.

De acuerdo con la norma NTC 2050 en su artículo 800-40, el sistema de electrodos de puesta a tierra se forma conectando el conductor de puesta a tierra a cualquiera de los siguientes tipos de electrodos (siempre que sea posible):

1. Tubería metálica de agua enterrada.
2. Estructura o canalización metálica del inmueble.
3. Electrodo empotrado en concreto.
4. Armario de los equipos de la acometida, siempre que estén debidamente aterrizados
5. Anillo de tierra.

Pero de preferencia en las comunicaciones se deben usar electrodos especialmente contruidos como lo son:

1. Electrodos de varilla o tubería.
2. Electrodos de Placa
3. Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos.

1.7.1. Electrodos fuera de la norma. Los electrodos fuera de la norma son:

1. Tuberías de gas enterradas. Porque las compañías de gas de los E.U. se opusieron a ello.

2. Electrodo de aluminio. Aunque en Europa se han utilizado, los comités del NEC. se opusieron a incluirlos porque el aluminio es un material que se corroe con mayor facilidad que el cobre y los compuestos químicos que se le forman no son buenos conductores eléctricos. En los siguientes puntos se explica cada uno de esos tipos de electrodos.
3. Tubería metálica de agua enterrada. Para que una tubería de agua pueda usarse como electrodo de puesta a tierra, debe reunir los siguientes requisitos:
 - a. Por lo menos tener 3 m en contacto directo con la tierra.
 - b. Que eléctricamente continúe hasta el punto de conexión, arrancando desde el medidor del agua, si este está colocado en una posición intermedia. La única desventaja de su uso es que debe complementarse con un electrodo adicional, de cualquiera de los tipos mencionados arriba.

Por otro lado, la American Water Works Association está propugnando por eliminar las tuberías de agua como electrodos principales, debido a que con el uso cada vez mayor de equipos electrónicos, la corriente de fuga a tierra es en parte corriente continua, lo que provoca corrosión galvánica en las tuberías.

1.7.2. Estructura metálica en las edificaciones. La estructura metálica de los edificios puede ser usada como electrodo de puesta a tierra, siempre y cuando estén bien puesta a tierra, esto es, que su impedancia a tierra sea menor a 10 ohmios.

Esta impedancia, se puede lograr uniendo las columnas a las partes metálicas de la cimentación (zapatas) con los conductores de las conexiones a tierra.

1.7.3. Electroodos de concreto armado. En las estructuras nuevas, el concreto armado puede ser utilizado como electrodo principal. Siempre y cuando tenga por lo menos cuatro o más varillas de acero o hierro de 6 metros y 13 mm o más de diámetro. Para lo cual deberá estar localizado cerca del fondo de los cimientos o zapatas, empotrado al menos 50 mm en el concreto.

El concreto tiene una estructura química alcalina y una composición que atrae y retiene humedad. La combinación de estas características permite al concreto exhibir una resistividad consistentemente de unos 30 ohm-m. Los electrodos de concreto tienen una resistencia a tierra mayor o igual que las varillas de cobre de un tamaño compatible, siempre que estén en contacto con suelos con resistividad de 50 ohm-m o menor.

1.7.4. Anillo de tierra. Un anillo de tierra consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2 AWG y de longitud no menor a 6 m enterrado a una profundidad de 80 cm. y, que rodee al edificio o estructura.

Estos anillos de tierras se emplean frecuentemente circundando una fábrica o un sitio de comunicaciones, para proveer un plano equipotencial alrededor de edificios y equipos.

1.8. ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA ESPECIALMENTE CONSTRUIDOS.

Cuando no se dispone de alguno de los electrodos mencionados en el punto anterior, se puedan usar uno o más de los electrodos siguientes:

1. De Varilla o Tubería.
2. Electrodos de Placa.
3. Estructuras metálicas Subterráneas

1.8.1. Electrodos de varilla o tubería. De acuerdo con la norma los electrodos de varilla y tubo, no deben tener menos de 1.50 m de largo y deben instalarse de tal modo que por lo menos 12,5 mm. de su longitud esté en contacto con tierra húmeda.

Cuando la roca está a menos de 1,40 m, estos electrodos pueden meterse en diagonal hasta con un ángulo de 45 grados de la vertical. Pero, si no es este el caso, se deben enterrar horizontales en una trinchera abierta para el caso a 75 cm. de profundidad por lo menos (véase figura 14).

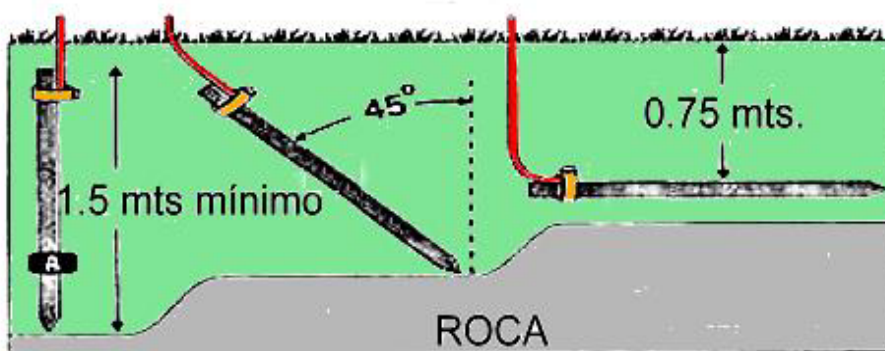


Figura 14. Instalación de electrodo de puesta a tierra.

1.8.2. Electrodo de placa. Los electrodos de placa no deberán tener menos de 0,2 metros cuadrados de superficie en contacto con el suelo. Y las placas de acero o hierro deberán tener por lo menos 6,4 mm de espesor. Si son de material no ferroso deberán tener por lo menos 1,52 mm de espesor.

1.8.3. Estructuras metálicas enterradas. La puesta a tierra mediante otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos como tuberías o tanques enterrados.

1.9. MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A TIERRA.

En la práctica, cuando la resistencia del electrodo único mencionado, excede del valor buscado, esa resistencia se puede reducir de las siguientes maneras:

1. Usando varillas de mayor diámetro.
2. Usando varillas más largas
3. Poniendo dos, tres o más varillas en paralelo.
4. Tratando químicamente el terreno.

1.9.1. Varillas de mayor diámetro. Usando varillas de 19 mm en lugar de varillas de 13 mm se logra una reducción en la resistencia a tierra de hasta un 10% máximo (véase figura 15).

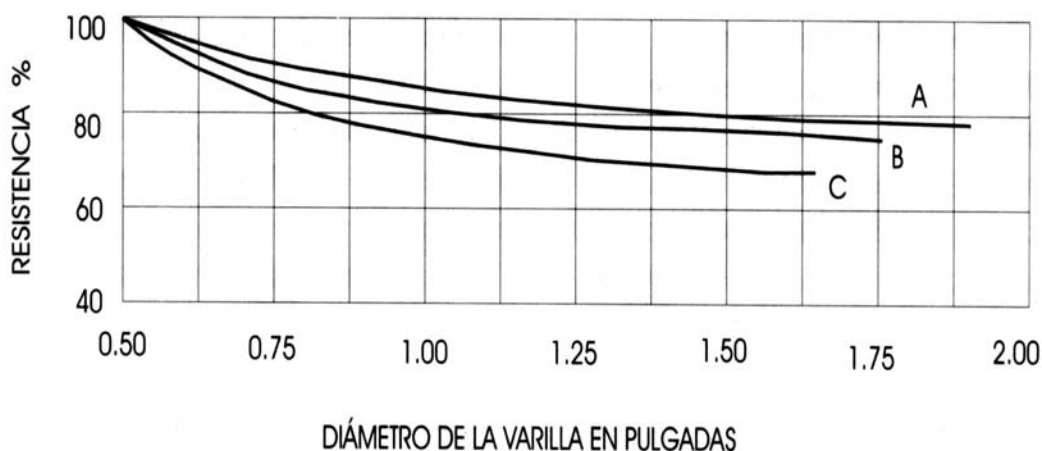


Figura. 15. Relación de resistencia con varillas de mayor diámetro

La figura 14 muestra tres curvas, la curva **A** del Nacional Bureau of Standards, la curva **B** de los laboratorios UL de Chicago y la curva **C** de Pittsburg.

1.9.2. Varillas mas largas. En los casos donde las capas superiores de la tierra son de arena y donde a gran profundidad se encuentra una capa de terreno húmedo, existen varillas que se acoplan unas a otras para lograr longitudes hasta de 15 m. Aunque en algunas subestaciones de compañías eléctricas de los E.U. han empleado varillas con longitudes de hasta 30 m. Por lo general, doblando el largo, se obtiene una reducción del 40% de resistencia a tierra (véase figura 16).

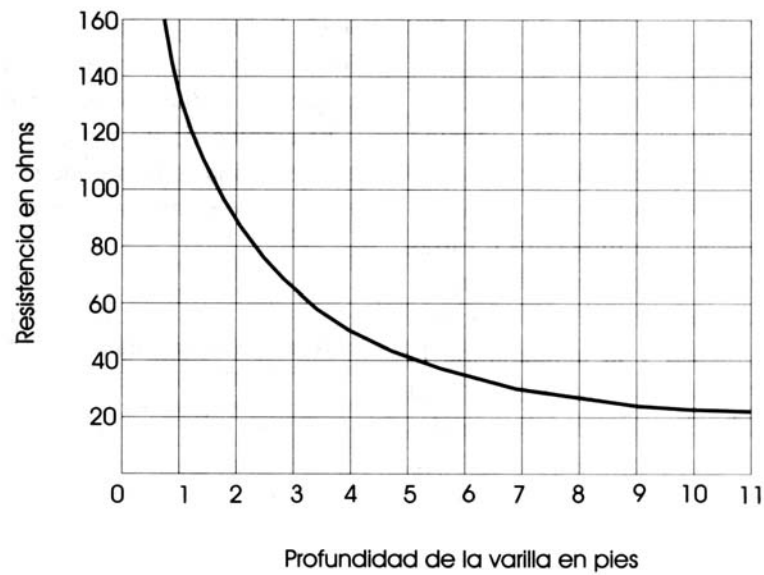


Figura. 16. Relación de resistividad con varillas más largas.

1.9.3. Varillas en paralelo. Al colocar varias varillas en paralelo se disminuye considerablemente la resistencia. Las varillas de tierra no deben ser colocadas muy cerca una de otra, porque cada varilla afecta directamente el potencial de las otras varillas. La distancia entre ellas no debe ser menor a la longitud del electrodo.

La ecuación para calcular la resistencia a tierra de un electrodo tipo varilla es la siguiente:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \left(4 \frac{L}{r} \right) - 1 \right) \quad [\Omega] \quad \text{Ec. 3.}$$

La ecuación para calcular la resistencia a tierra de dos electrodos tipo varilla es la siguiente:

Para $d > L$
$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \left(4 \frac{L}{r} \right) - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi d} \left(1 - \frac{L^2}{3d^2} + \frac{2L^4}{5d^4} \right) \quad [\Omega] \quad \text{Ec. 4}$$

Para $d < L$
$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \left(4 \frac{L}{r} \right) + \ln \left(4 \frac{L}{d} \right) - 2 + \frac{d}{2L} - \frac{d^2}{16L^2} + \frac{d^4}{512L^4} \right) [\Omega] \quad \text{Ec. 5}$$

La ecuación para calcular la resistencia a tierra de n electrodos tipo varilla es la siguiente:

$$R = \frac{\rho}{n} \left(0.404 + \frac{0.16}{d} \ln(0.655n) \right) \quad [\Omega] \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

ρ = resistividad en $\Omega\text{-m}$

L = longitud del electrodo en metros

r = radio de el electrodo en metros

d = distancia de separación de los electrodos metros.

Estos valores son válidos cuando la corriente a tierra es de naturaleza estacionaria (c.d) o casi estacionaria (50-60 Hz).

La resistencia de a tierra de una varilla de longitud 1.8 m, en un suelo con resistividad 100 $\Omega\text{-m}$ y radio 0.008 m, es de 51.30 Ω . La resistencia a tierra de dos varillas en paralelo separadas a una

distancia de 1.8 m disminuye a 30.37 Ω . El valor de la resistencia a tierra disminuye al 59%.

1.10. MEJORAMIENTO DEL TERRENO.

El problema de lograr una resistencia baja en la roca así como en otros suelos de alta resistividad, está asociada con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el agujero.

El relleno ideal debe compactarse fácilmente, debe ser no corrosivo y a la vez buen conductor eléctrico. La bentonita entre otros compuestos como el sulfato de magnesio o de sulfato de cobre, o de compuestos químicos patentados entre ellos Hidrosolta, Favigel, Aterragel, Marconita, Exogel, Polirod, THOR GEL, GEM y existen muchos más que cumplen con esos requisitos en diferentes países con diferentes nombres comerciales.

La bentonita por ejemplo, es una arcilla consistente en el mineral montmorillonita, un silicato de aluminio, y tiene la particularidad de absorber hasta cinco veces su peso de agua y de hincharse hasta 13 veces su volumen seco. Y tiene una resistividad de 2.5 ohmios-m con humedad del 300%.

Aparte del relleno con alguno de los compuestos mencionados, existen otros métodos químicos como el de la barra electrolítica, que consiste en un tubo compuesto por 95% de cobre y 5% de níquel, de 2.4 m de longitud o mayor y aproximadamente 5 cm de diámetro, lleno de una mezcla de sales: CaCO_3 y NaCl , que absorben la humedad (véase figura 17).

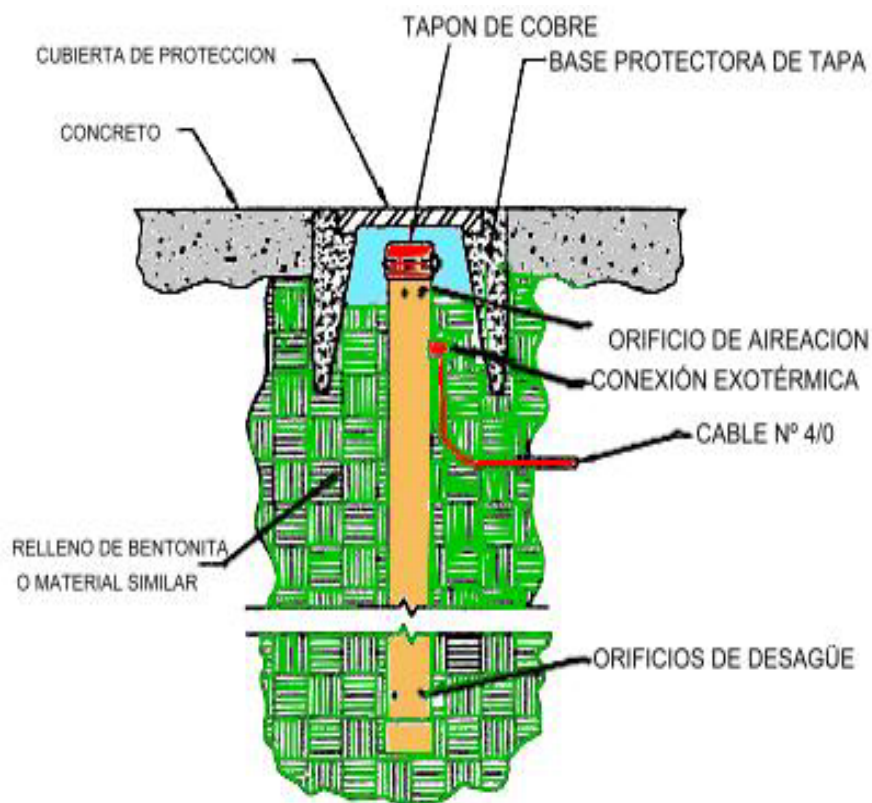


Figura. 17. Método de Barra electrolítica.

Este método es efectivo donde hay poco espacio como en banquetas o estacionamientos. El otro método es excavar una zanja alrededor de la varilla y llenarla con unos 20 o 40 kg de los compuestos químicos (sales), diluidos en agua. La primera carga dura unos 2 o 3 años y, las posteriores aún más, por lo que el mantenimiento es menos frecuente con el tiempo (véase figura 18).

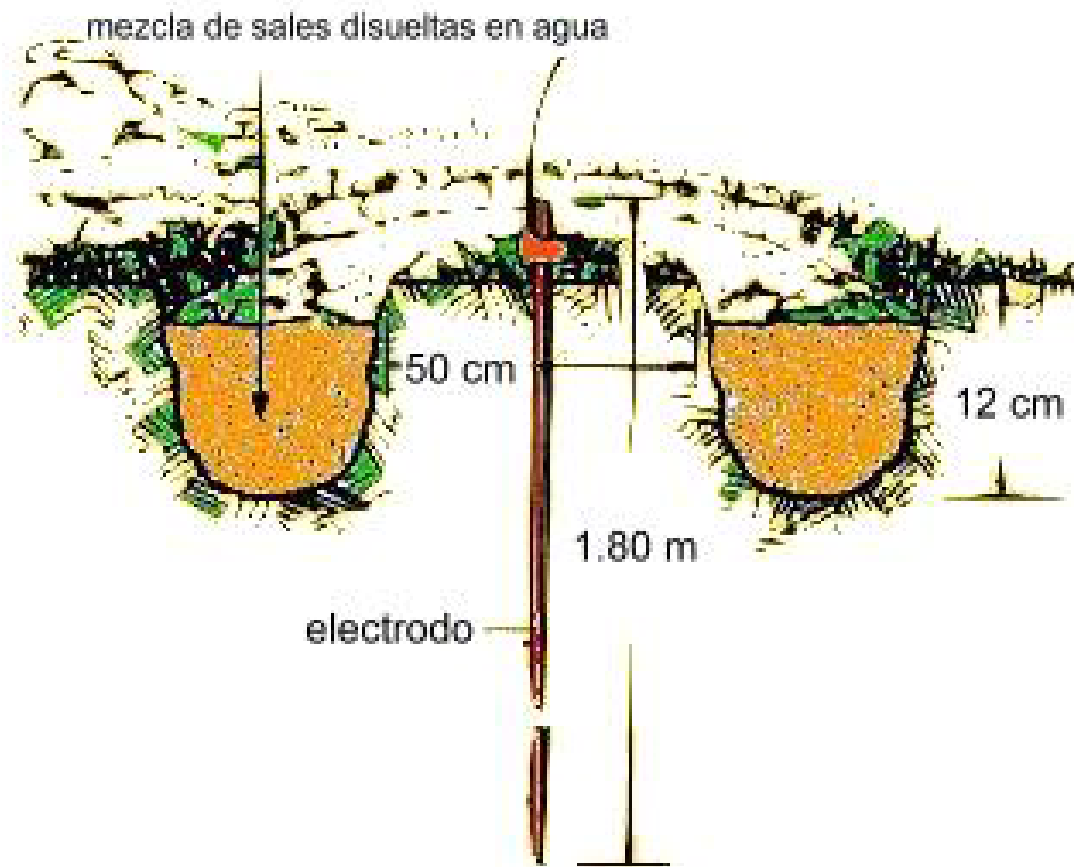


Figura. 18 SPT con tratamiento de sales

1.11. CONECTORES

Los conectores de conductores de puesta a tierra con los electrodos pueden ser de dos tipos:

4. De soldadura exotérmica (véase figura 19)
4. De Conexiones a presión o mecánicas (véase figura 20)

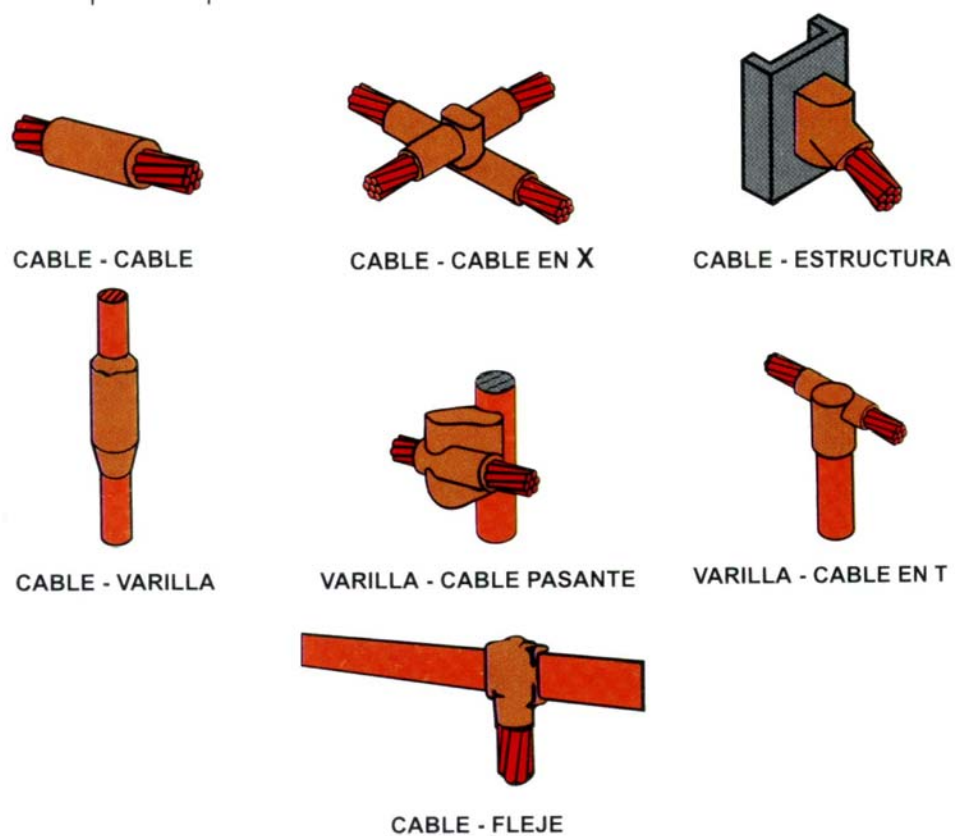


Figura.19. Conexiones de soldadura exotérmica

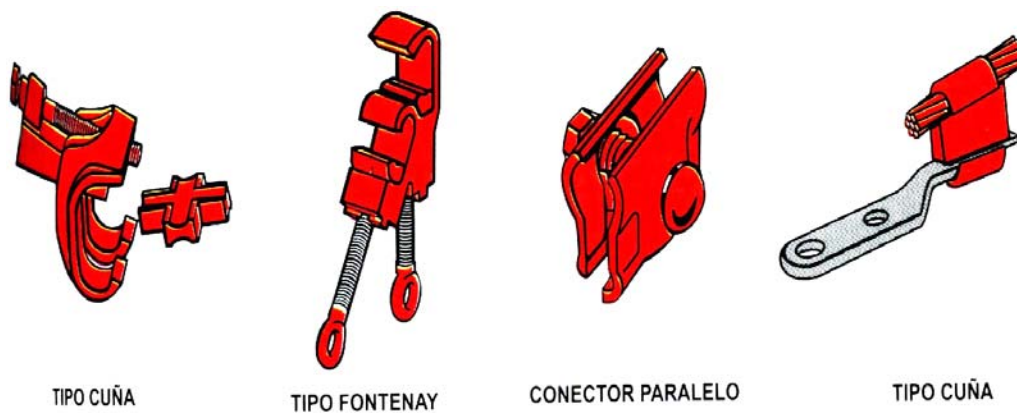


Figura 20. Conexiones a presión o mecánicas.

Las abrazaderas u otros medios no deben tener soldaduras con materiales de puntos de baja fusión (estaño, plomo, etc.)

Las abrazaderas deben ser adecuadas para el número y tipo de conductores. Además, deben de ser compatibles con los materiales de los conductores y los electrodos de puesta a tierra, y cuando se usen enterradas, deben ser del tipo apropiado (véase figura 21)



Figura. 21. Abrazaderas y conectores mecánicos

1.12. REGISTROS

Es importante marcar y proteger las abrazaderas u otros accesorios para puesta a tierra contra daño físico; utilizando una cubierta protectora .que permita el fácil acceso a la conexión, siempre que no esté en un electrodo hundido, empotrado o enterrado.(véase figura 22). Pero en el caso de las comunicaciones es recomendable realizar mediciones periódicas en los registros para comprobar que los valores del sistema de tierras se ajustan a los valores de diseño. Por ello, se recomienda dejar registros en los electrodos de varilla. Ya sea dentro de las cámaras o cerca de los postes donde se instale un (SPT).

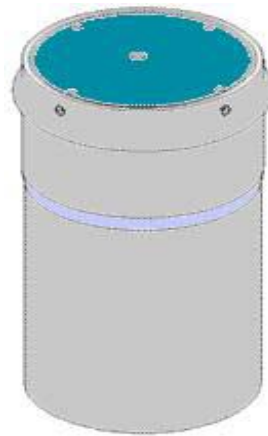


Figura. 22. Registro

Aparte de los registros de fábrica, se pueden construir esos registros empleando un tubo de alcantarilla de gres o cemento, con la boca hacia arriba para que sirva de tope a una tapa de cemento.

1.13. CONDUCTORES DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA.

En un sistema de puesta a tierra de varios electrodos, el conductor del electrodo de puesta a tierra puede llevarse a cualquiera de los electrodos disponibles del sistema de puesta a tierra y es dimensionado según el mayor calibre requerido para todos los electrodos disponibles. Excepto en el caso de un único electrodo del tipo varilla, donde el conductor del electrodo no debe ser menor de calibre 6 en cobre.

Este conductor, si es de calibre 4 o mayor, no requiere de protección, excepto en casos donde esté expuesto a daño físico severo. En caso de ser calibre 6 debe fijarse a la construcción o debe correr por un tubo conduit y los calibres menores deben correr siempre por tuberías conduit. En el caso de las

tuberías conduit, éstas deben ser eléctricamente continuas; esto es, deben estar conectadas a tierra en ambos extremos. Inclusive las que cubren el cable de puesta a tierra de las acometidas residenciales. Estos cables no deben ser de aluminio o de cobre con aluminio porque se corroen cuando están en contacto con la tierra o con el cemento.

1.14. MALLAS

Es indispensable que en toda instalación donde están involucradas tensiones y corrientes eléctricas muy altas, se utilice un sistema de enmallado de tierra con múltiples electrodos y conductores enterrados, con el fin de minimizar los riesgos al personal en función de la tensión eléctrica de paso y de contacto

La malla consta de una red de conductores enterrados a una profundidad que usualmente varía de 0,30 a 1,0 m, colocados paralela y perpendicularmente entre si con un espaciamiento adecuado a la resistividad del terreno y preferentemente formando retículas cuadradas.

El cable que forma el perímetro exterior de la malla debe ser continuo de manera que encierre toda el área en que se encuentra el equipo eléctrico para evitar altas concentraciones de corriente y gradientes de potencial en las áreas y terminales cercanas.

En cada cruce de conductores de la malla, éstos deben conectarse rígidamente con soldadura exotérmica entre sí y en los puntos donde se conectan los equipos que pudieran presentar falla o, en las esquinas de la malla, los conductores deben conectarse a electrodos de varilla o tubo de 2,4 m de longitud mínima, clavados verticalmente.

Los cables que forman la malla deben colocarse preferentemente a lo largo de las hileras de estructuras o equipo para facilitar la conexión a los mismos, ya que es una práctica común de ingeniería aterrizar a dos cables diferentes todos los equipos.

Los conectores empleados en la malla del sistema de tierras de una subestación deben ser de tipo de compresión o soldables (véase figura 23).

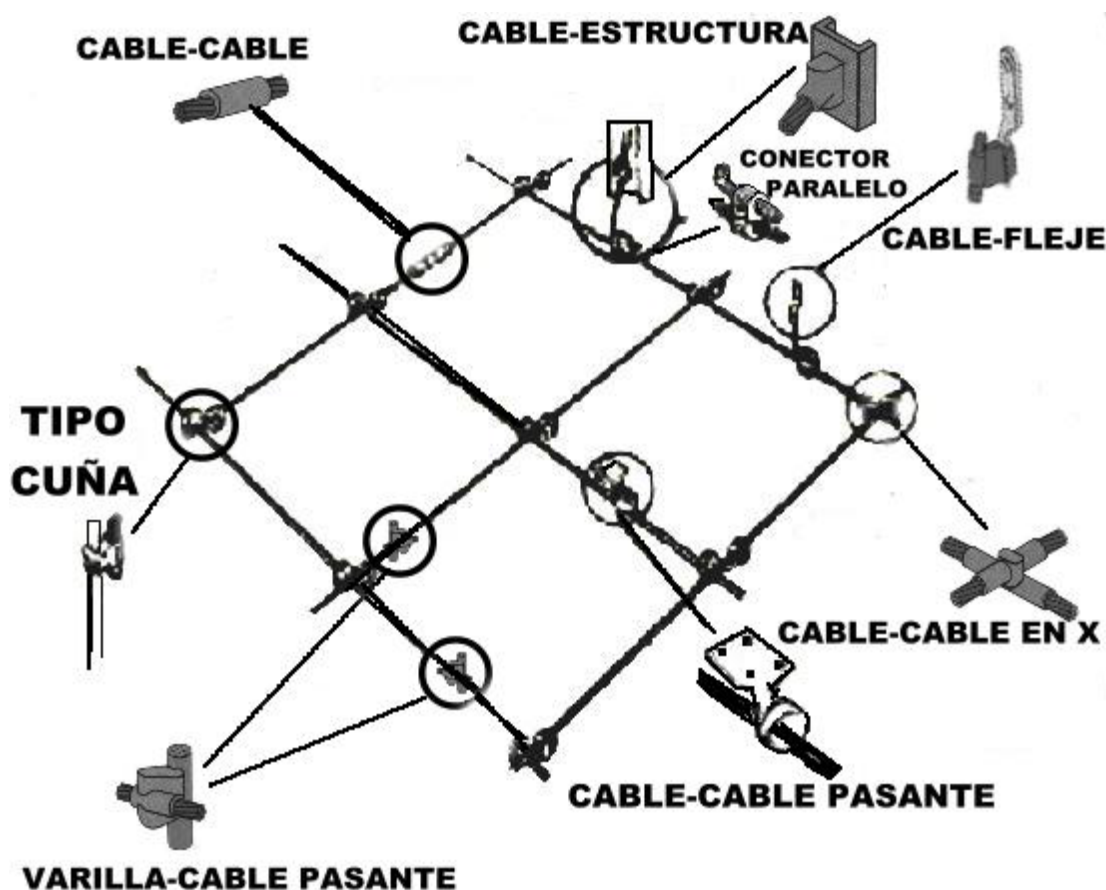


Figura. 23. Diferentes tipos conexiones en malla

1.15. CABLES DE CONEXIÓN A TIERRA EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

La norma NTC 2050 en su artículo 800-33. Establece que los cables del sistema de telecomunicaciones deberán estar vinculados al sistema de puesta a tierra a través de la continuidad de pantalla con los cables de distribución primaria, los cuales están conectados a la tierra desde la central telefónica. Sin embargo, la práctica ha demostrado que no siempre esta vinculación es la más segura, ya que es frecuente que por la manipulación de terceros se desconecte la unión de la tierra en los armarios, y también en los empalmes.

La pantalla, y mensajero que sustenta los cables, deben estar unidos eléctricamente, para evitar la diferencia de potencial dentro del sistema telefónico. Esto implica que se debe mantener una baja impedancia de conexión, entre la pantalla y el mensajero. Una conexión adecuada entre los dos sistemas, eliminaría completamente el voltaje físico entre ellos y disminuiría considerablemente el voltaje inducido, evitando los ruidos, y las interferencias en los enlaces para transmisión de datos.

En un sistema telefónico cuando la pantalla del cable no está continua o bien cortada su tierra, resulta muy difícil para los reparadores y localizadores de averías en cables, localizar con mediana exactitud el lugar donde existe un defecto. Esto ocurre debido a que la corriente se induce en el instrumento a través del par en prueba, desestabilizando el puntero y alterando las medidas. Generalmente cuando se produce una descarga de corriente en el mensajero y éste presenta una alta impedancia, el daño que genera en los cables es mayor debido a que se rompe el dieléctrico del cable, y la corriente se descarga a través de los pares, los cuales están directamente unidos a la central telefónica, quemando los fusibles de protección. Este es uno de los

problemas más relevante, pues hace disminuir considerablemente la vida útil de los cables debido al debilitamiento del dieléctrico entre los pares.

Es fundamental que los sistemas de puesta a tierra sean medidos antes de su conexión a la red, dado que no todos los terrenos, presentan las mismas características de resistividad de suelo.

Los nuevos servicios de transmisión de datos, TV cable etc. requieren cada vez de mayor ancho de banda y mayor velocidad de propagación. La capacidad de un canal de transmisión está directamente influenciado por la relación señal ruido. Por tanto, es fundamental proteger la red de la inducción electromagnética proveniente del exterior del cable, principalmente en las nuevas tecnologías que se esta implementando con los cable coaxiales y los actuales servicios que entrega el sistema de Internet y también los servicios para transmisión de datos.

2. TÉCNICA ACTUAL.

4.1. RECURSOS.

Como empresa contratista J.E. Jaimes ingenieros ejecuta el mantenimiento preventivo y correctivo de las líneas de sistemas de telefonía alámbrica e inalámbrica pertenecientes a E.P.M Bogotá; para lo cual tiene total disponibilidad de recursos; como son:

1. Recursos, humanos.
2. Recursos materiales.
3. Recursos técnicos.

4.1.1. Recursos Humanos. La empresa cuenta en sus cuadrillas con 5 personas destinadas al mantenimiento preventivo y correctivo de las líneas telefónicas alámbricas; un conductor, un empalmador, un liniero y dos auxiliares. Estas cuadrillas destinadas para el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de puesta a tierra, poseen conocimientos basados en la experiencia y capacitaciones básicas que han aprendido en las diferentes empresas que han laborado.

4.1.2. Recursos Materiales.

Los principales elementos que se utilizan en la adecuación de las puestas a tierra son:

1. Tierra negra.
2. Carbón mineral.

3. Molde de grafito.
4. Soldadura exotérmica.
5. Electrodo (varilla Cooperwell 1.8 mts.).
6. Alambre de Cu THW #6.
7. Hidrosolta

4.1.3. Recursos Técnicos.

1. Telurómetro. Para la medición de la puesta a tierra y resistividad del terreno J.E. Jaimes cuenta con telurómetros digitales de la empresa HT Italia Ref. Geotest 2016, de las siguientes especificaciones técnicas:

a. Para medida de resistencia de puesta a tierra:

- Frecuencia 125Hz / 75Hz / 41.66Hz +/- 1Hz
- Corriente de prueba $\leq 10\text{mA}$
- Tensión $\leq 25\text{Vrms}$
- Clase 2

Tabla. 2. Rangos de resistencia del Telurómetro Geotest 2016.

Rango automático(Ω)	Resolución(Ω)
0.01-19.99	0.01
20.0-199.9	0.1
200-1999	1

Fuente: HT Italia

b. Para medida de resistividad “ ρ ”

- Frecuencia 125Hz / 75Hz / 41.66Hz +/- 1Hz
- Corriente de prueba $\leq 10\text{mA}$
- Tensión $\leq 25\text{Vrms}$

- Clase 2

Tabla. 3. Rangos de resistividad del Telurómetro Geotest 2016.

Rango automático(Ωm)	Resolución(Ωm)
0.6-125.6 Ωm	0.1 Ωm
0.125-1.256 k Ωm	0.001 k Ωm
1.25-19.99 k Ωm	0.01 k Ωm
20.0-199.9 k Ωm	0.1 k Ωm

Fuente: HT Italia

c. Accesorios. Estos equipos traen como accesorios:

- Cuatro picas
- Cuatro cables Banana-caimán
- Manual de instrucciones
- Certificado de calibración ISO 9000.

d. Equipos de soldadura. Para la conexión del electrodo al conductor de cobre TWH #6 se utiliza soldadura exotérmica y para su aplicación se utiliza un molde de grafito (véase la figura 24).



Figura 24. Telurómetro, molde de grafito y soldadora exotérmica

4.2. MEDICIONES.

4.2.1. Medición de la resistividad aparente del terreno. Actualmente no se realiza a medición de la resistividad aparente del terreno y los operarios desconocen la técnica para realizarla.

4.2.2. Medida de resistencia de puesta a tierra. La medida de la resistencia de puesta a tierra se realiza por en método del 62% o método de la caída de tensión. La conexión se realiza como lo muestra la figura 25.

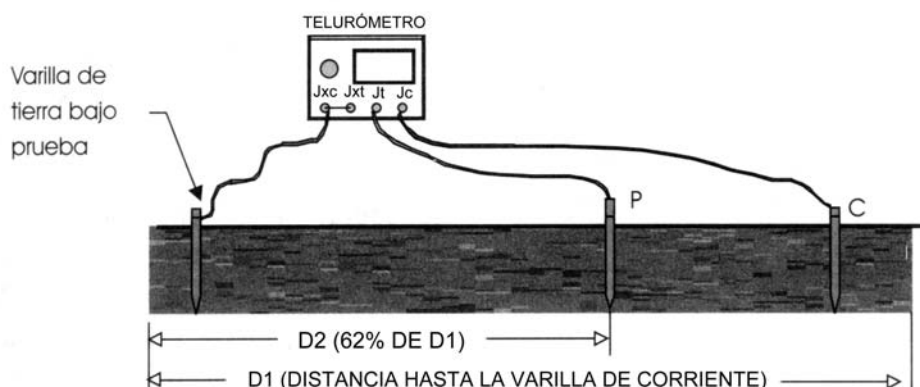


Figura. 25. Conexión para la medida de la resistencia de la PT.

Siendo:

Jxc y Jc; bornes del circuito de corriente

Jxt y Jt; bornes del circuito de tensión

Los operarios actualmente realizan una sola medida con el borne de corriente **Jc** a una distancia aproximadamente de 25 m. y el borne **Jt** que actúa como electrodo de tensión a una distancia aproximada de 15 m y los resultados de la medición se registran en el formato que se encuentra en el Anexo A. Los operarios desconocen el procedimiento correcto de realizar esta medida, procedimiento que está establecido en los formatos de calidad del proyecto (véase Anexo C).

4.2.3. Preparación del terreno. Antes de iniciar cualquier acción en la adecuación o medición de la puesta a tierra se debe delimitar el área de trabajo por seguridad para las cuadrillas y personas ajenas a la obra (véase figura 26)



Figura. 26. Delimitación del área de trabajo y seguridad.

Después que se ha determinado que se debe hacer la adecuación a una puesta a tierra existente, se procede con la preparación del terreno, se retira el electrodo anterior y se cava un pozo de 1.90mts. de profundidad por 30cm de diámetro y se coloca el nuevo electrodo(véase figura 27).



Figura 27. Pozo de puesta a tierra de cámara subterránea.

Una vez terminado el pozo se mezcla tierra negra con carbón mineral para rendir el componente químico que se utiliza; que es la Hidrosolta (véase figura 28 y figura 29).



Figura. 28. Mezcla para un SPT en Final de cto



Figura. 29. Mezcla para un SPT de cámara

Terminada la mezcla de tierra negra y carbón mineral se procede a la preparación de la Hidrosolta; esta se realiza con 7.5 Kilos de Hidrosolta con aproximadamente 8 litros de agua (véase figura 30).



Figura 30. Preparación de la Hidrosolta.

Una vez preparada la Hidrosolta es vaciada en la base del pozo (véase figura 31).



Figura. 31. Aplicación de Hidrosolta en la base del pozo.

Inmediatamente después de que se afirme la Hidrosolta se agrega la mezcla de carbón mineral y tierra negra (véase figura 32).



Figura 32. Aplicación de carbón mineral y tierra negra

Cuando ya la mezcla se compacte se vuelve a agregar Hidrosolta más la mezcla de tierra negra y carbón mineral hasta llenar el pozo.

Ya finalizado el llenado del pozo se procede a la aplicación de la soldadura exotérmica, para esto se utiliza un molde de grafito (véase figura 33), antes de la aplicación se limpia con un paño seco la superficie de contacto.



Figura. 33. Preparación de la conexión exotérmica.

Los operarios realizan el encendido de la pólvora, nótese que los operarios no portan elementos de seguridad adecuados al momento de realizar el encendido de la pólvora (véase figura 34).



Figura. 34. Encendido de la pólvora.

Finalmente y después de realizada la conexión exotérmica se procede a la inspección de calidad de la misma, si la conexión es exitosa se procede a tapar el electrodo con más mezcla de tierra negra y carbón mineral (véase Figura 35).



Figura 35. Conexión exotérmica del electrodo

Una vez finalizado el proceso se procede a realizar la limpieza del lugar y se registran los resultados.

3. INFORME DE SEGUIMIENTO DE LA TÉCNICA ACTUAL Y DIAGNÓSTICO

Como se observó en el seguimiento del procedimiento actual, la adecuación de los sistemas de puesta a tierra que se realiza actualmente es aplicada de forma empírica, debido a que los operarios lo han aprendido a través de la práctica, se observa algunos errores que se enumeran a continuación:

1. La falta de capacitación de los operarios sobre los sistemas de puesta a tierra, hace que la medida de resistencia de puesta a tierra no sea adecuada, porque el valor que toman en la única medida que realizan, no posee garantía alguna que sea correcto, Por tanto, para la medida de la resistencia de la puesta a tierra debe realizarse una capacitación del procedimiento que tiene estipulado la empresa en los formatos internos de calidad (véase Anexo C).
2. El suelo es parte fundamental en la puesta a tierra y el hecho que no se realicen medidas de resistividad del terreno antes de la adecuación de los sistemas de puesta a tierra, hace que no sea posible realizar una valoración previa del lugar donde se va a realizar la puesta a tierra y por tanto no deja espacio a recomendaciones y garantía que el sistema de puesta a tierra vaya a servir, debido a que si el suelo donde se realiza no posee una buena conductividad, no podrán hacerse tratamientos químicos u otras adecuaciones adicionales. Para poder hacer correctamente la medida de la resistividad del terreno, los supervisores y operarios deben conocer el método que se recomendará en la técnica que se propone.

3. El carbón mineral que se está utilizando actualmente, no permite bajar sustancialmente el valor resistivo de la puesta a tierra por el tamaño de los granos.
4. Los operarios al realizar el encendido de la pólvora que se utiliza como catalizador para la soldadura exotérmica, no portan sus guantes de seguridad, ya sea por la dificultad de encender un cerillo o fósforo con los guantes puestos y mas aún cuando estos se humedecen por la manipulación del terreno. Tampoco utilizan gafas de seguridad ni mascarillas en el momento del encendido, esta situación puede causar lesiones al realizar esta actividad. Por tanto debe recalcar el hecho de que solo personal capacitado y dotado de los elementos de seguridad necesarios, debe realizar el proceso de la aplicación de la soldadura exotérmica, por tal motivo se realizará en la propuesta una sección que pueda contribuir a la seguridad del personal involucrado.
5. La cantidad de agua que se utiliza para disolver la Hidrosolta es más de tres veces la adecuada por kilogramo según sus especificaciones técnicas.
6. En algunas ocasiones al realizar las medidas de resistividad se desconecta el cable mensajero y no se restaura la conexión eléctrica que posee con la pantalla, esta acción debe corregirse, ya que el mensajero y la pantalla deben estar unidos eléctricamente, para que no exista una diferencia de potencial dentro del sistema telefónico.

4. TÉCNICA PROPUESTA

4.1. PROCEDIMIENTOS

Esta propuesta va dirigida a los supervisores en campo y a los operarios, en este sentido debe ser sencilla y de carácter práctico; para que pueda alcanzar los objetivos propuestos; la cual tendrá las siguientes etapas:

Etapas. 1. Medida de la resistividad del terreno

Etapas. 2. Instalación

- ✓ Excavación.
- ✓ Adecuación del terreno.
- ✓ Instalación del electrodo.
- ✓ Conexión del cable
- ✓ Relleno y compactación.

Etapas. 3. Registro del certificado de la puesta a tierra.

4.1.1. Medida de la resistividad del terreno (método de Wenner): Con un telurómetro clásico como equipo de medida, se entierran los cuatro electrodos o varillas, a una misma distancia “a” entre electrodos, con el punto donde posiblemente se instalará la puesta a tierra en medio de los dos electrodos de potencia y los electrodos de corriente se instalarán en los extremos.

La conexión de los cuatro electrodos se disponen en línea recta (véase figura 36), Se tomarán Cinco medidas para diferentes variaciones de la

distancia “a” de separación entre los electrodos. Se recomienda distancias de 1, 2, 3, 5 y 7 metros, debido a que la profundidad de sondeo es proporcional a la separación de los electrodos y estas distancias para nuestra aplicación son de interés. No se recomiendan distancias de separación entre electrodos mayores de 8 metros.

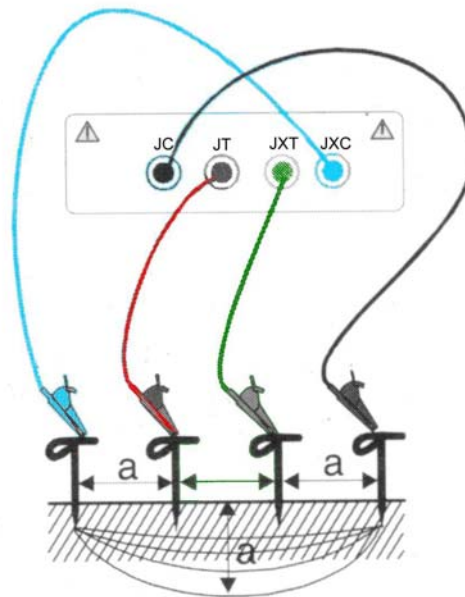


Figura 36. Método de Wenner

Se repetirán las medidas pero rotando los electrodos 90° e intercambiando los electrodos de potencia (véase figura 37), para obtener un mejor sondeo, debido a que la prueba puede ser afectada por tubos, cable u otras varillas.

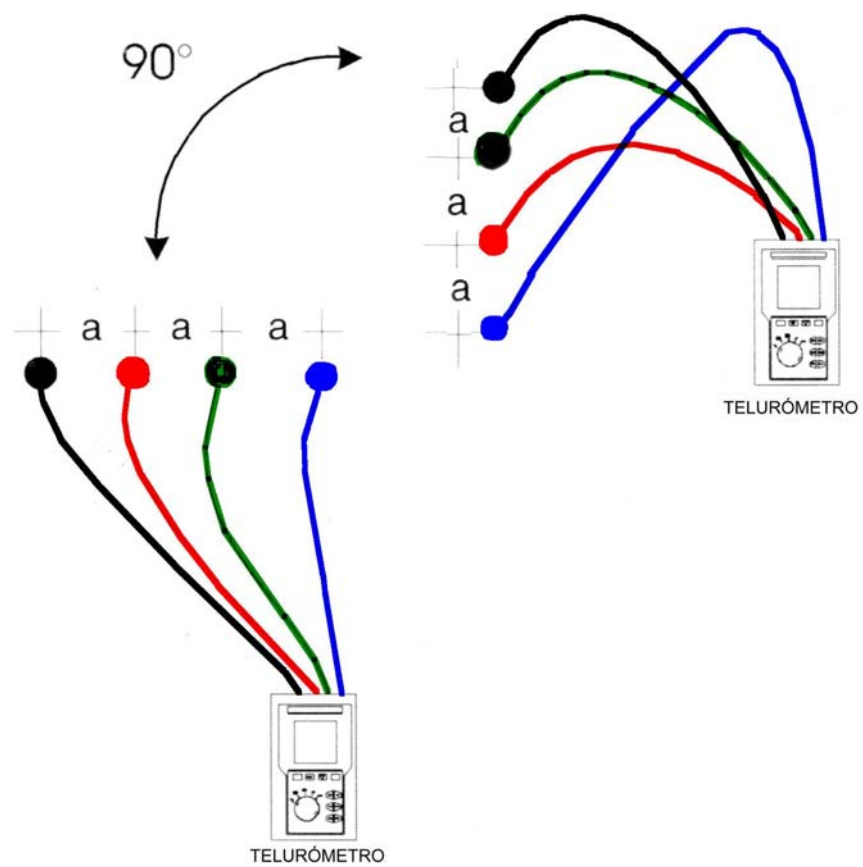


Figura 37 Rotación 90° de los electrodos

Los datos obtenidos en la medición de la resistividad del terreno serán registrados en el formato que se propone, el cual se muestra a continuación.

J. E. JAIMES INGENIEROS S.A.													
MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO													
CENTRAL:					EQUIPO UTILIZADO:								
DISTRITO:					ESTADO DEL TERRENO: (HÚMEDO Ó SECO)								
CAJA:					COLOR DEL TERRENO:								
DIRECCIÓN:					FECHA:								
SEPARACIÓN (metros)			PRIMERA MEDIDA (Ω-m)		SEGUNDA MEDIDA A 90° (Ω-m)			PROMEDIO					
1													
2													
3													
5													
7													
RESISTIVIDAD DEL TERRENO													
RESISTIVIDAD Ω-m.	1800												
	1600												
	1400												
	1200												
	1000												
	800												
	600												
	400												
	200												
	0												
0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
SEPARACIÓN DE LOS ELECTRODOS (METROS)													
RECOMENDACIONES:													

ELABORÓ:

SUPERVISOR:

Los resultados de la medida de resistividad se analizarán por parte del supervisor, para determinar las recomendaciones necesarias para la instalación efectiva de la puesta a tierra.

4.1.2. Instalación: Luego de obtener las recomendaciones dadas por el análisis de la resistividad, se procede a realizar la excavación del pozo de la puesta a tierra. Esta excavación puede ser vertical, horizontal o en un ángulo de 45° (véase figura 38). El objetivo de la instalación va centrado a un valor de resistencia de puesta a tierra menor de 10 ohmios, las recomendaciones que se harán son basadas en las medidas de resistividad del terreno, las especificaciones técnicas de la Hidrosolta y la experiencia adquirida en las observaciones realizadas en las puestas a tierra hechas durante la práctica.

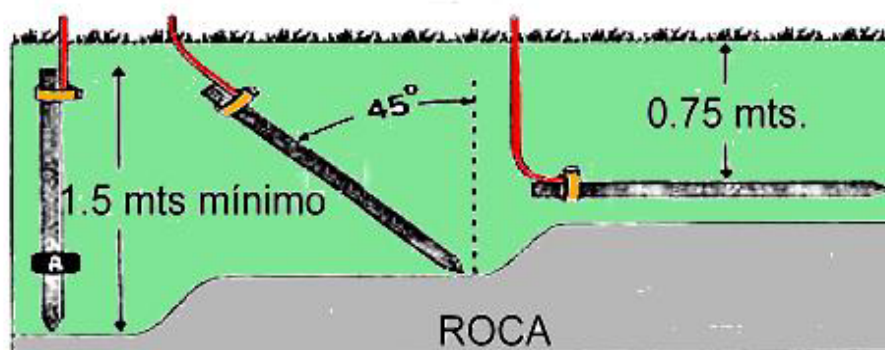


Figura 38 Formas de instalación de los electrodos.

4.1.2.1. En pozo vertical de 15 kilogramos de Hidrosolta

Paso 1. Haga un pozo de 1.80 mts de profundidad con 30 cm de diámetro.

Paso 2. Disolver 3 Kg de Hidrosolta en un balde con 5 litros de agua, con esta mezcla remojar las paredes del pozo, el resto de la Hidrosolta (15 Kg) en

5 litros de agua y llenar el pozo con la mezcla.

Paso 3. Colocar una varilla Cooperwell de 1.80 m y diámetro 5/8", si la resistividad del terreno es menor de 100 Ω -m. Si la resistividad está entre 100 y 250 Ω -m se recomienda utilizar una varilla no menor a 2.40 m.

Con una varilla de longitud 1.80 m, radio 0.008 m y una resistividad del terreno de 100 Ω -m, se obtiene una resistencia a tierra dada por Ec. 3:

$$R = \frac{100[\Omega - m]}{2\pi * 1.80[m]} \left(\ln \left(4 \frac{1.80[m]}{0.008[m]} \right) - 1 \right) = 51.30[\Omega]$$

Aumentando la longitud de la varilla a 2.40 m se obtiene una resistencia de:

$$R = \frac{100[\Omega - m]}{2\pi * 2.40[m]} \left(\ln \left(4 \frac{2.40[m]}{0.008[m]} \right) - 1 \right) = 40.39[\Omega]$$

Se obtiene una disminución de la resistencia de a tierra del 21%.

Para resistividades del terreno mayores de 250 Ω -m en puestas a tierra de cámaras o cajas doble tapa, se realizarán los siguientes pasos:

- Utilizar una mayor densidad en la mezcla de Hidrosolta y agua (3 litros de agua por 15 kilos de Hidrosolta, mezclando fuertemente) y utilizar como mínimo 45 kilogramos de Hidrosolta.

- Aumentar la longitud de varillas Cooperwell, el acople de las varillas se realizará mediante la conexiones mencionadas en sección 1.11. El aumento de la longitud de las varillas se realizará teniendo en cuenta la grafica obtenida en la medida de la resistividad del terreno, con los resultados registrados en el formato propuesto para este fin.

Para resistividades del terreno mayores de $250 \Omega\text{-m}$ en puestas a tierra en finales de circuito, se realizará el siguiente procedimiento:

- Se instalarán en paralelo dos electrodos de 2.40 m de longitud, con una separación entre ellos de al menos **5L**, el mas cercano al poste se ubicará a una distancia no menor de 1.20 metros, debido a que existe una mala compactación alrededor del poste (véase figura 39).

Para la conexión de los electrodos, se utilizará alambre de cobre número 6 AWG (NTC 250 artículo 800-40).

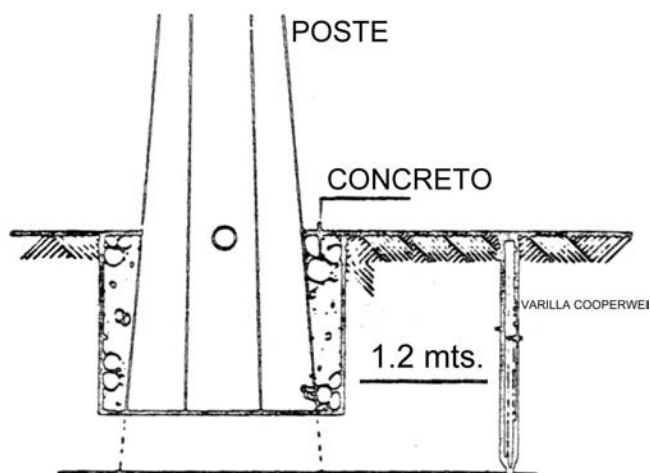


Figura 39. Reubicación del electrodo en finales de cto.

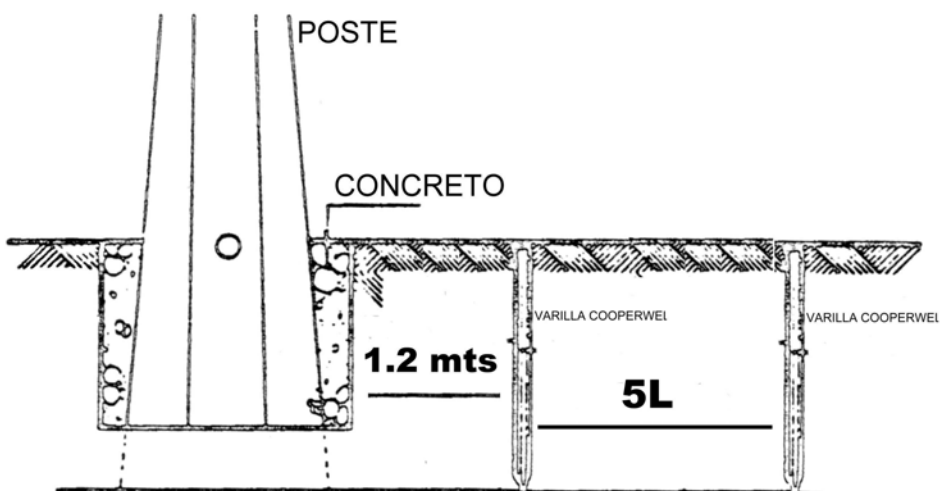


Figura 40. Electrodos en paralelo en finales de cto.

Al aumentar la longitud del electrodo a 2.4 m, se obtiene una disminución de un 21% en el valor de la resistencia a tierra y al conectar un electrodo adicional en paralelo (para $\rho = 100 [\Omega \cdot m]$) se obtiene por Ec.4:

$$R = \frac{100[\Omega - m]}{4\pi * 2.4[m]} \left(\ln \left(4 \frac{2.4[m]}{0.008[m]} - 1 \right) + \frac{100[\Omega - m]}{4\pi * 12[m]} \left[1 - \frac{(2.4[m])^2}{3 * (12[m])^2} + \frac{2 * (2.4[m])^4}{5 * (12[m])^4} \right] \right)$$

$$R = 20.85 \Omega$$

Es decir; se obtiene además de la disminución del 21% una disminución al 51% del valor ya obtenido al aumentar la longitud del electrodo a 2.4 m.

Paso 4. Con el material de relleno escogido (recomendándose terrenos orgánicos y húmedos), rellenar con una prima capa sin aprisionar, dejando libres los últimos 40 ó 60 cm para realizar la conexión exotérmica.

Paso 5. Realizar la conexión exotérmica, siguiendo los pasos que se muestran en el formato de procedimientos perteneciente J.E. Jaimes que se encuentra en el Anexo B.

Paso 6. Rellenar el resto del pozo compactando cuidadosamente, para evitar la degradación por oxidación el electrodo debe quedar cubierto (no quedar en contacto con el aire),

Paso 7. Realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra, siguiendo los pasos que se muestran en el formato “ PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA “ pertenecientes J.E. Jaimes que se encuentra en el Anexo C. Con la variante que el punto donde se realiza la medida es la borna de 50 amperios, con la que se conecta la puesta a tierra con el tornillo de conexión del mango o cubierta, donde se realizan los empalmes (véase figura 41 y figura 42).

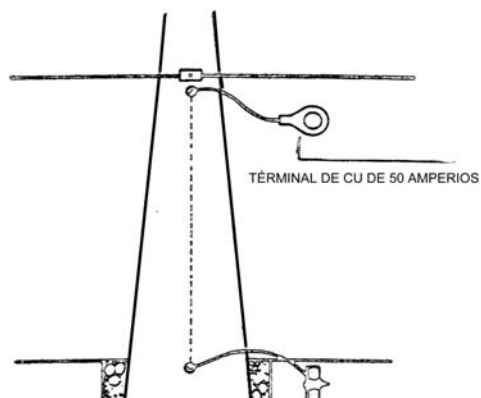


Figura 41. Cable de conexión de puesta a tierra aéreo

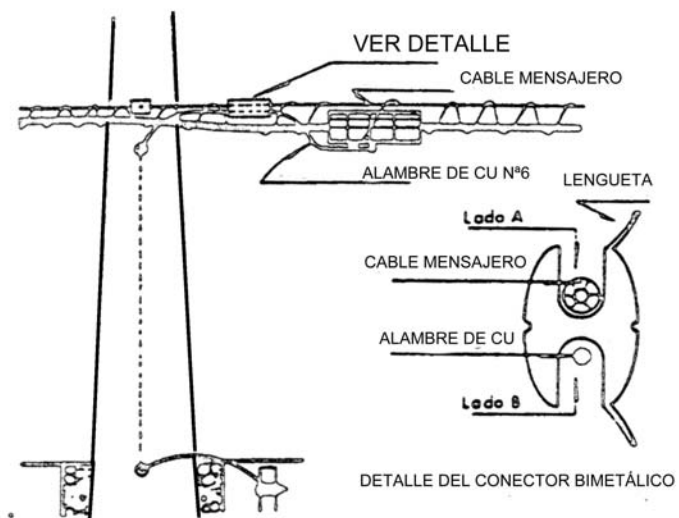
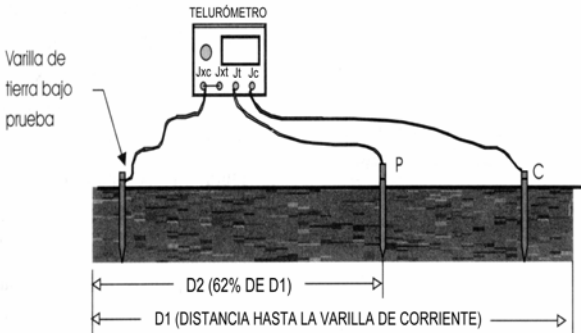


Figura 42. Sistema telefónico con SPT

Paso 8. Llenar el formato propuesto para la certificación de la puesta a tierra que se muestra a continuación.

J. E. JAIMES INGENIEROS S.A. CERTIFICACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA											
CENTRAL:				ESPECIFICACIONES TELURÓMETRO							
DISTRITO:				MARCA							
CAJA:				FRECUENCIA:							
DIRECCIÓN:				PRECISIÓN:							
FECHA:				 TELURÓMETRO Varilla de tierra bajo prueba D2 (62% DE D1) D1 (DISTANCIA HASTA LA VARILLA DE CORRIENTE)							
MÉTODO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN											
PRIMERA MEDICIÓN											
D1 (m)	D2 (m)	R (Ω)									
25	15.5										
30	18.6										
36	22.3										
PROMEDIO											
SEGUNDA MEDICIÓN (si la primera difiere el 5% del promedio)											
D1 (m)	D2 (m)	R (Ω)									
36	22.3										
42	26										
50	31										
PROMEDIO											
CURVA DE RESISTENCIA											
RESISTENCIA (Ω)	125										
	120										
	120										
	115										
	110										
	105										
	100										
	95										
	90										
	85										
	80										
	75										
0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
SEPARACIÓN DE LOS ELECTRODOS (METROS)											

RESPONSABLE _____

SUPERVISOR: _____

4.1.2.2. En pozo horizontal de 90 kilogramos de Hidrosolta

En terrenos con una capa de roca ubicada a menos de 1.80 metros de profundidad

Paso 1. Haga un una zanja de 30 cm de ancho, 60 cm de profundidad y de longitud 1.0 metros.

Paso 2. Disolver cada 45 Kg de Hidrosolta en 9 litros de agua y llenar el pozo con la mezcla hasta aproximadamente 3 cm de altura.

Paso 3. Colocar una lámina de cobre de 0.004 m de espesor por 7 de ancho y 1.0 m de longitud, si la resistividad del terreno es menor de 100 Ω -m. Si la resistividad está entre 100 y 250 Ω -m se recomienda utilizar una varilla no menor 2.0 mts.

Paso 4. Esparcir otra capa de Hidrosolta (45 kg en 9 litros de agua) sobre la zanja aproximadamente cubriendo completamente el electrodo, dejando libre el espacio necesario para conexión exotérmica.

Paso 5. Con el material de relleno escogido (recomendándose terrenos orgánicos y húmedos), rellenar con una prima capa sin aprisionar, dejando libre el espacio necesario para realizar la conexión exotérmica.

Paso 6. Realizar la conexión exotérmica, siguiendo los pasos que se muestran en el formato de procedimientos pertenecientes J.E. Jaimes que se encuentra en el Anexo1.

Paso 7. Rellenar el resto del pozo compactando cuidadosamente.

Paso 8. Realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra, siguiendo el paso 7 que se presentó en el procedimiento de la instalación del pozo vertical.

9. Se repite el paso 8 que se presentó en el procedimiento de la instalación del pozo vertical.

4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.2.1 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.

En el proceso de mejoramiento de la técnica actual, debe estar contemplada la capacitación del personal. Mediante la cual los operarios deberán familiarizarse con los procedimientos y la metodología propuesta; mejorando así sus conocimientos técnicos y comprometiéndose con los procedimientos que la empresa estipule. La capacitación tendrá una duración mínima de 8 horas, en tres ciclos teórico-prácticos:

Primer ciclo (Fundamentación teórica).

Duración: 8 horas

Objetivo. Ampliar los conocimientos técnicos del personal involucrado en el proyecto.

Lugar: Salón amplio con mesas y sillas

Materiales: Fotocopias, hojas (formatos), lapiceros, tablero, marcadores, equipos de medición etc.

Temas:

- ✓ Teoría de sistemas de puestas de tierra.
- ✓ Técnicas de medición.
- ✓ Manejo de los equipos de medida.

- ✓ Medición y análisis de suelos.
- ✓ Medidas de seguridad.
- ✓ Control de calidad en un (SPT).

Segundo ciclo (Procedimientos de para la instalación de un (SPT).

Duración: 2 horas

Objetivo. Ampliar los conocimientos técnicos del personal involucrado en el proyecto.

Temas:

- ✓ Medición y análisis de suelos en campo.
- ✓ Utilización de los aparatos de medición.
- ✓ Práctica y aplicación de soldadura exotérmica.
- ✓ Comprobación.

Tercer ciclo (Trabajo de campo)

Duración: 2 horas

Objetivo. Realizar una práctica con el personal técnico; que permita evaluar los conocimientos técnicos adquiridos durante la capacitación.

Temas:

- ✓ Excavación.
- ✓ Adecuación del terreno.
- ✓ Instalación del electrodo.
- ✓ Conexión del cable
- ✓ Relleno y compactación.
- ✓ Manejo de formatos de calidad

4.2.2. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD.

Es de vital importancia tener un buen sistema de seguridad industrial que garantice la tranquilidad de todo el personal involucrado en el proyecto, en esta propuesta no se realizará un manual de seguridad industrial (la empresa ya lo posee), pero se harán algunas recomendaciones que puedan contribuir a mejorar el sistema de seguridad actual en la empresa.

Las recomendaciones se harán teniendo en cuenta los cinco aspectos básicos para prevenir accidentes de trabajo como son:

1. Demarcación y señalización del peligro.
2. Eliminación del peligro.
3. Control del peligro.
4. Entrenamiento técnico del personal en la prevención de accidentes.
5. Utilización correcta de los equipo de protección personal.

4.2.2.1. Demarcación y señalización del peligro.

Se debe señalizar el área de trabajo y despejar todos los elementos que impida una libre movilización del personal (véase figura 43).

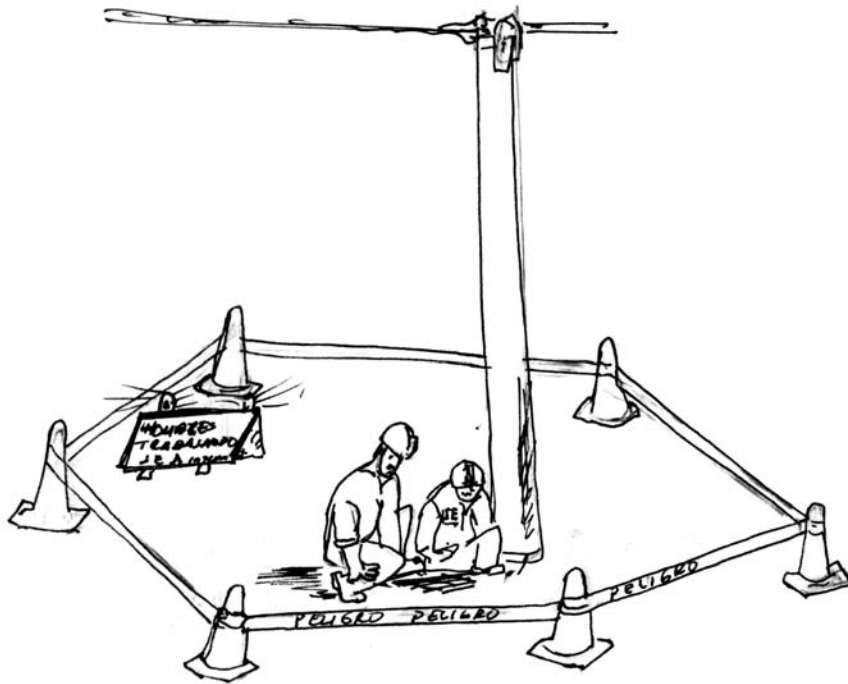


Figura 43. Demarcación y señalización del área de trabajo

4.2.2.2. Eliminación del peligro. Se deben tomar acciones correctivas inmediatas, cuando existan sitios, lugares ó violaciones de una norma o procedimiento de seguridad que representen un riesgo inminente por daño físico, deterioro de la salud o muerte.

Cuando se realizó el seguimiento de la técnica actual, se observó que los operarios al realizar el encendido de la pólvora que actúa como catalizador de la soldadura exotérmica, no portaban guantes de seguridad y el encendido lo realizaban con cerillos ó fósforos (véase figura 33), por tanto los operarios deben ser dotados de un chispero como lo establece el formato “Procedimiento para manejo y preparación de soldaduras Termoweld” (véase Anexo C). y se debe verificar que porten los guantes en el momento del encendido de la pólvora.

4.2.2.3. Control del peligro. El control del peligro se realiza mediante la identificación de los sitios peligrosos y el seguimiento de los procedimientos de seguridad. Por tanto se debe efectuar un análisis periódico de todos los registros basados en los reportes de accidentes, Informando rutinas o condiciones de trabajo no satisfactorias que necesiten de soluciones a corto y mediano plazo. Al final de cada mes se deberá entregar un resumen o reporte general de la condiciones de seguridad del proyecto. Es responsabilidad del ingeniero encargado o residente realizar este informe. Una vez el ingeniero residente haga entrega del informe, en coordinación con el encargado de salud ocupacional y el comité de seguridad industrial, se tomaran las medidas pertinentes para subsanar las anomalías en el sistema de seguridad.

4.2.2.4. Entrenamiento técnico del personal en la prevención de accidentes. Se deben realizar charlas de seguridad que den a conocer las normas y procedimientos, acompañadas de una supervisión general de seguridad a todo el personal, con el objetivo de hacer una combinación efectiva de la teoría y la práctica, al mismo tiempo se deben practicar exámenes de prueba y entrevistas para escuchar sugerencias del personal acerca de equipos ó normas de seguridad.

4.2.2.5. Utilización correcta de los equipo de protección personal. A demás de los equipos de protección mínimos (guantes, casco, botas y cinturón de seguridad), se recomienda usar mascarillas y gafas de seguridad en el momento del encendido de la pólvora en la aplicación de la soldadura exotérmica (véase la figura 44), debido a las chispas producidas y al humo que se genera.

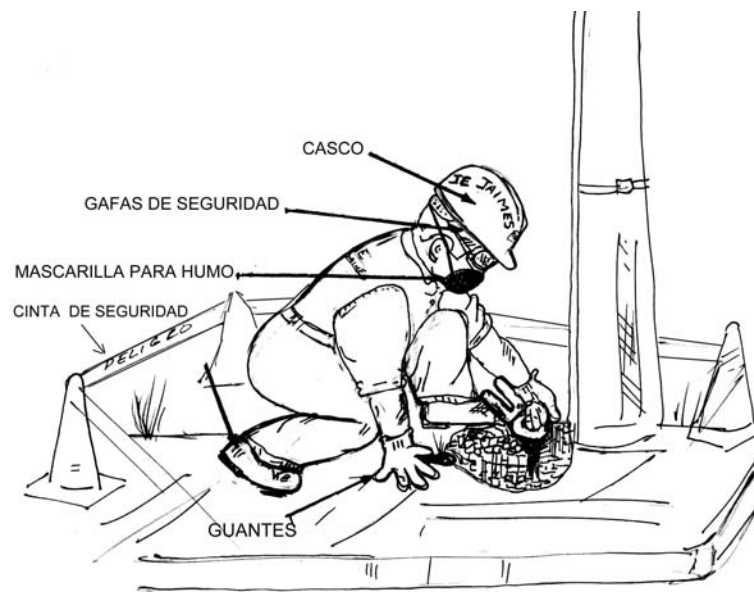


Figura 44. Equipo de protección personal para aplicación de la soldadura exotérmica.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Como resultado del análisis de la información recolectada se propone una alternativa que permite disminuir los valores resistivos de los sistemas de puesta a tierra de las redes telefónicas en el área urbana de Bogotá, pertenecientes a E.P.M. Bogotá.
- ✓ La técnica propuesta aumenta los costos en relación con los materiales actuales; pero ofrece una mejor alternativa en cuanto a calidad del sistema de puesta a tierra y mayor garantía en el tiempo.
- ✓ La técnica propuesta aumenta el tiempo de instalación, debido a que implementa el análisis del terreno como primera medida al proceso de adecuación de las puestas a tierra.
- ✓ La implementación de la propuesta requiere de la capacitación del personal responsable del mantenimiento.
- ✓ La Hidrosolta es componente químico adecuado a las necesidades de la propuesta, debido a los resultados obtenidos a través de la práctica.
- ✓ Terminado el tiempo de la práctica se logro recopilar la información necesaria para concretar una propuesta técnica de acuerdo a las necesidades de la empresa.
- ✓ Se adquirió experiencia laboral valiosa en las áreas operativas y administrativas dentro de una organización empresarial, como lo es

J.E. Jaimes ingenieros, cumpliendo con los requisitos que exige la universidad para optar al título de ingeniero electricista.

BIBLIOGRAFÍA.

1. CANDIA, Díaz Miguel. Planta Externa-Cables Simétricos y Coaxiales para Telecomunicaciones, ANDROS IMPRESORES, Primera Edición, Chile, Enero de 2000.
2. CASAS, Ospina Favio. TIERRAS Soportes de la seguridad, Seguridad Eléctrica EDITORES Ltda., Bogotá, DC; Segunda Edición, Junio de 2003.
3. DÍAZ, Pablo. Soluciones Practicas Para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de distribución, McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., Primera Edición, México, Febrero de 2001
4. GARCÍA, Márquez Rogelio. La Puesta A Tierra De Instalaciones Eléctricas, ALFAOMEGA GRUPO EDITORIAL S.A. de C.V: Primera Edición, México, 1999.
5. HARPER, Enríquez. Elementos de Diseño de las Instalaciones Eléctricas Industriales, LIMUSA-NORIEGA EDITORES, S.A. de C.V., Segunda Edición, México, 2002.
6. ICONTEC - Código Eléctrico Colombiano NTC. 2050, Primera Actualización.1998,
7. ICONTEC -Requisitos para la conexión y continuidad de tierra para telecomunicaciones en construcciones comerciales NTC 4171, Primera Actualización.1997.

8. ICONTEC –Presentación de Trabajos, Proyectos Y Tesis de grado NTC Primera Actualización.1997.
9. Manual de Instrucciones Geotest-2016.
10. Normas de construcción para redes canalizadas de cable multipar, Grupo Empresarial EPM:, Diciembre de 2001.
11. ROSALES, Robert, RICE. James, Manual de Mantenimiento Industrial McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., Primera Edición, México, 1990
12. RÚELAS, Roberto. Teoría y Diseño de Sistemas de Tierras Según las normas NOM. E IEEE.

ANEXOS.

**Anexo A. Formato de mantenimiento preventivo - sistema de medidas
de tierra**

J. E. JAIMES INGENIEROS S.A.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

SISTEMA MEDIDAS DE TIERRA
--

ARREGLOS PREVENTIVO

CENTRAL _____
DISTRITO _____
FECHA: _____

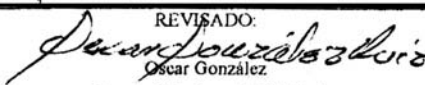
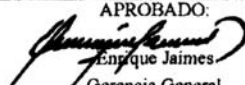
ITEM	UN	CAJA	MEDIDA ANTERIOR		MEDIDA ACTUAL		DIRECCIÓN
			SOL A	UNIFICADA	SOLA	UNIFICAD A	
1							
2		☐					
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

ELABORO

SUPERVISOR J.E.
JAIMES

SUPERVISOR
EPM BOGOTÁ

Anexo B. Formato para manejo y preparación de la soldadura Termoweld

	J.E. JAIMES INGENIEROS	CODIGO: OBRA - 25	VERSION: 1
	PROCEDIMIENTO PARA MANEJO Y PREPARACIÓN DE SOLDADURAAS TERMOWELD	FECHA APROBACION: Enero / 01	PAGINA: 1 de 2
REVISADO:  Oscar González Gerente Técnico y de Calidad		APROBADO:  Enrique Jaimes Gerencia General	

1. OBJETIVO:

Definir la metodología para manejo y preparación de soldaduras termoweld.

2. ALCANCE:

Este procedimiento se aplica a todas las obras realizadas por J. E. Jaimes Ingenieros S.A en que haya que realizar esta actividad.

3. RESPONSABLES:

Ingenieros residentes, supervisores y personal técnico son los responsables que se cumpla con este procedimiento.

4. ACTIVIDADES:

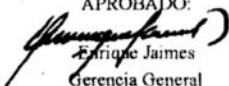
- Conocer perfectamente los materiales que se van a utilizar que sean de buena calidad y garantizados, como también tener las herramientas adecuadas para la realización del trabajo,
- Realizar los trabajos con personas experimentadas y cuidadosas para que las soldaduras queden bien realizadas y no tengan ningún tipo de problemas.
Ejemplo:
 - a. La soldadura tenga excesiva escoria
 - b. Que los cables no se soldan
 - c. Que los cables no se salgan del molde durante el proceso de soldadura
- Tener en cuenta las medidas indispensables de seguridad.
- Asegurarse que una vez terminada la soldadura cumpla con las especificaciones técnicas para así garantizar un trabajo de buena calidad.

INSTRUCCIONES PARA MANEJO Y PREPARACIÓN DE SOLDADURAS TERMOWELD

El proceso de unión con soldadura termoweld es muy simple, por que es un método eficiente para soldar cobre con cobre, o cobre con acero. La unión se produce por la alta temperatura generada por la reacción de la carga de oxido de cobre y aluminio (soldadura). Esta reacción se produce en la parte interna del molde de grafito, esta reacción soldadura unos pocos segundos.

Se utiliza los siguientes elementos:

- Un molde de grafito - puede llevar pinzas
- La carga de soldadura

	J.E. JAIMES INGENIEROS	CODIGO: OBRA - 25	VERSION: 1
	PROCEDIMIENTO PARA MANEJO Y PREPARACIÓN DE SOLDADURAAS TERMOWELD	FECHA APROBACION: Enero / 01	PAGINA: 2 de 2
REVISADO:  Oscar Gonzalez Gerente Técnico y de Calidad		APROBADO:  Enrique Jaimes Gerencia General	

- Un chispero
- Un disco de material ferroso o no ferroso
- Masilla
- Cepillo de tela.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Limpiar el molde y precalentarlo, los cables también deben estar limpios y secos.
- Introducir los elementos a soldar en el molde y asegurarse de que estén bien centrados, luego asegurar el molde con la pinza.
- Utilizar la masilla por donde están los cables para que no salga material derretido de molde.
- Depositar el disco metálico en el molde teniendo en cuenta que la soldadura no se vaya a pasar por el molde.
- Descargar el cartucho correspondiente dentro del molde, teniendo en cuenta de no desubicar el disco metálico, el material iniciador se distribuye sobre la soldadura y se utiliza algo en el borde del molde donde descansa la tapa para iniciar la reacción.
- Se cierra la tapa del molde.
- Se enciende el chispero apuntando al sitio del borde del molde donde se encuentra el material iniciador. El material se enciende y se inicia la reacción de la soldadura dentro del molde.
- Se remueve el molde y la escoria de la parte soldada.
- Limpiar el molde con un cepillo de cerdas suaves.
- No utilizar elementos que rayen el molde y prevenirlo contra golpes.
- Guardar la soldadura en un lugar 100% seco.

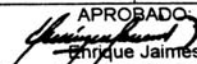
PRECAUCIONES

- Cuando encienda el chispero y lo lleve al material iniciador la persona se debe colocar al lado del molde
- Evitar la aspiración de los humos de la reacción (son tóxicos)
- No coger el molde con la mano al terminar la reacción por que este se encuentra demasiado caliente.

4. REGISTRO

No aplica

ANEXO C. Formato de para medidas de resistencia de puesta a tierra.

	J.E. JAIMES INGENIEROS	CODIGO: OBRA - 20	VERSION: 2
	PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	FECHA APROBACION: Enero / 01	PAGINA: 1 de 1
REVISADO:  Oscar González Gerente Técnico y de Calidad		APROBADO:  Enrique Jaimés Gerencia General	

1. OBJETIVO:

Establecer la metodología para la medida de resistencia de puesta a tierra.

2. ALCANCE:

Este procedimiento se aplica a toda medida de resistencia de puesta a tierra que se ejecute.

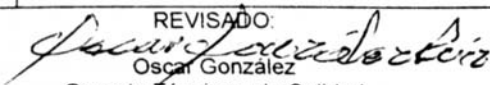
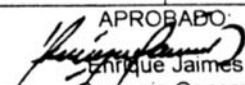
3. RESPONSABILIDADES:

Ingenieros de Obra, Técnicos en pruebas.

4. ACTIVIDADES:

- ⇒ La resistencia de cualquier electrodo de puesta a tierra debe ser menor de 25 ohmios. (norma ICONTEC 2050 Sección 250-84).
- ⇒ La resistencia combinada de las puesta a tierra de los circuito de BT y MT, debe ser menor de 10 ohmios medida en época de invierno y menor de 25 ohmios medida en época de verano.
- ⇒ La medida de la resistencia de puesta a tierra debe efectuarse con un medidor de tierra (telurómetro), utilizando preferiblemente el método de los tres puntos o "caída de tensión", que se describe a continuación con ayuda del formato anexo.
- ⇒ Los bornes de los extremos marcados con Jc y Jxc son los terminales de corriente y los bornes centrales marcados como Jt y Jxt son los terminales de tensión. Se utilizan para medir la resistencia de tierra, dos varillas como electrodos auxiliares, que se entierran en el terreno, alineados con el punto de puesta a tierra a medir.
- ⇒ Primero se unen los bornes Jxc y Jxt y se conectan a la varilla de tierra (o malla de tierra) cuya resistencia se quiere medir.
- ⇒ La varilla mas lejana conectada al borne Jc, actúa como electrodo de corriente, la otra varilla conectada al borne Jt (localizada entre la varilla de corriente y la puesta a tierra a medir) actúa como electrodo de tensión.
- ⇒ De acuerdo a la figura 1 del formato, midiendo desde la varilla de puesta a tierra (o malla de tierra) D1 es la distancia hasta la varilla de corriente y D2 es la distancia hasta la varilla de tensión.
- ⇒ Al circular la corriente generada por el Megger, se producen gradientes de potencial alrededor de los electrodos, pero existen zonas entre ellos donde el potencial es constante.
- ⇒ Se ha determinado que a una distancia del 62% de D1 no se producen perturbaciones y allí debe instalarse el electrodo de tensión.

COPIA CONTROLADA

	J.E. JAIMES INGENIEROS	CODIGO: OBRA - 20	VERSION: 2
	PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	FECHA APROBACION: Enero / 01	PAGINA: 2 de 2
REVISADO:  Oscar González Gerente Técnico y de Calidad		APROBADO:  Enrique Jaimes Gerencia General	

⇒ Se realizan tres mediciones con las siguientes distancias:

- | | |
|-------------|----------|
| 1. D1= 25 m | D2= 15 m |
| 2. D1= 30 m | D2= 18 m |
| 3. D1= 36 m | D2= 22m |

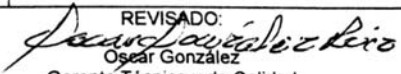
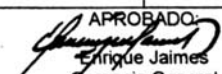
⇒ Si los valores no difieren en $\pm 5\%$ del valor promedio (obtenido de la suma de las tres mediciones y dividiendo por 3) debe considerarse que este valor promedio es el valor verdadero.

⇒ Si el error es mayor, existe superposición de los gradientes de voltaje y debe aumentarse D1 y D2, manteniendo su relación $D2 = 0.6 D1$ y repitiendo el procedimiento hasta cumplir la condición que el error sea $\leq 5\%$.

⇒ Todas las medidas deben realizarse sin tensión ni circulación de corriente, es decir, la varilla de tierra debe estar desconectada de bajantes de pararrayos, neutros, tierras de equipos en funcionamiento. Igual sucede si se miden mallas a tierra.

5. REGISTROS

Código	Nombre Registro	Tiempo conservación	Sitio de archivo	Quién lo conserva
F1-OBRA-20	Medida de Resistencia de Puesta a Tierra	1 año	Carpeta de procedimiento de obra	Encargado de Obra

	J.E. JAIMES INGENIEROS	CODIGO: OBRA - 20	VERSION: 2
	PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	FECHA APROBACION: Enero / 01	PAGINA: 3 de 3
REVISADO:  Oscar González Gerente Técnico y de Calidad		APROBADO:  Enrique Jaimes Gerencia General	

	J.E. JAIMES INGENIEROS	CODIGO F1-OBRA-20
	MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	REVISION 1

OBRA _____ FECHA _____
 ELABORO _____ CARGO: _____

MEDIDA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

METODO DE LA CAIDA DE TENSION

Lugar de medición: _____ Coordenadas o punto significativo _____
 Dirección: _____
 Estado superficial del terreno: Húmedo ☐ Seco ☐
 Equipo utilizado: _____

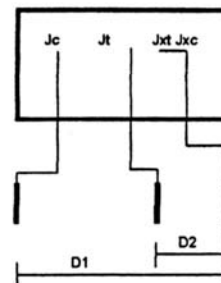


Fig 1

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

D1 (m)	D2 (m)	R(□)	D1 (m)*	D2 (m)*	R(□)	OBSERVACIONES
25	15		36	22		
30	18		42	25		
36	22		50	30		
PROMEDIO						

* SEGUNDA MEDICIÓN. SI LA PRIMERA DIFIERE EL 5% > DEL PROMEDIO

COPIA CONTROLADA