



ENSA

Dirección de Distribución e Ingeniería
Criterio de Construcción, Operación y
Mantenimiento

Puesta a tierra

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 1 de 11

1 OBJETO

Establecer el correcto procedimiento para la instalación de los sistemas de puesta a tierra en la red de distribución de ENSA.

2 ALCANCE

Este Criterio de Construcción, Operación y Mantenimiento establece las conexiones y los procedimientos para la puesta a tierra de las estructuras y los equipos a ser instalados y/u operados por ENSA.

3 ANTECEDENTES

Documentos Asociados:

- Norma de Construcción Aérea Capítulo 6, ver 3.1.
- Código Eléctrico Nacional, edición 2008.

4 DEFINICIONES

Conductor de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado, al electrodo o electrodos puesta a tierra.

Electrodo: Varilla de acero cobrizado enterrada en las inmediaciones de un poste o estructura cuyo propósito es hacer una conexión eléctrica con el suelo. En ENSA utilizamos como electrodo de tierra una varilla de acero cobrizado de 2.44 m (8') de longitud y diámetro de 5/8".

Puesta a tierra: Grupo de elementos conductores equipotenciales en contacto eléctrico con el suelo o masa metálica de

referencia común, que distribuyen las corrientes eléctricas de falla en el suelo. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

5 GENERALIDADES

Las líneas de distribución de energía eléctrica están sujetas a perturbaciones debido a cortocircuitos, sobretensiones atmosféricas o sobretensiones por maniobras. A fin de minimizar el efecto de estas perturbaciones es necesario tener un buen sistema de aterrizaje que garantice la seguridad de las personas y de los equipos. La instalación del sistema de puesta a tierra tiene los siguientes objetivos:

- Establecer niveles de tensión: Mantener en niveles seguros los valores de la tensión a tierra de equipos, partes o estructuras accidentalmente energizados y mantener en valores determinados la tensión de fase a tierra de sistemas eléctricos fijando los niveles de aislamiento.
- Permitir la operación efectiva de dispositivos de sobrecorriente: Mediante la creación de un camino de baja impedancia para las corrientes de falla se logra la operación de los diferentes dispositivos, tales como fusibles y protecciones electromecánicas o electrónicas, en el menor tiempo posible.

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 2 de 11

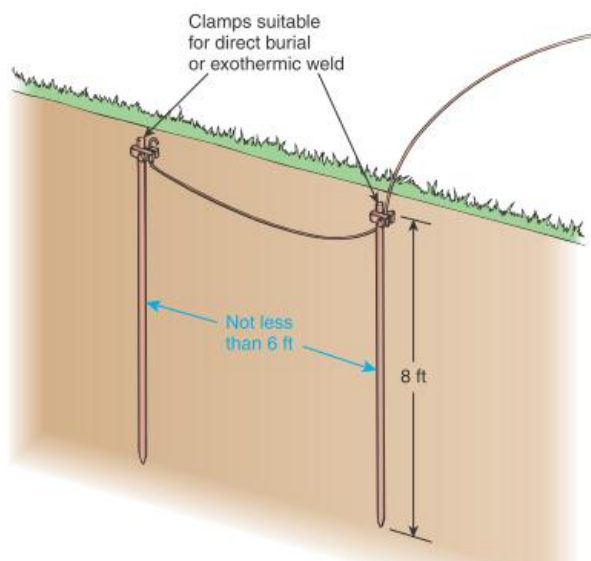
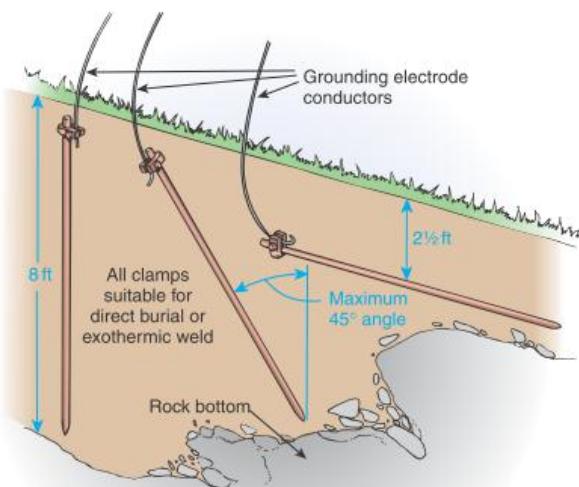


Figura N° 1. Instalación y conexión del electrodo o varilla de puesta a tierra.

Permitir la conducción a tierra de cargas estáticas o cargas atmosféricas de manera segura: similar a la actuación de las protecciones, la actuación de los pararrayos y de dispositivos de protección de sobretensiones también necesita de un camino de baja impedancia a tierra para garantizar su operación y la seguridad de los equipos.

El sistema de puesta a tierra utilizado en ENSA es un sistema multiaterrizado, ya que las diferentes puestas a tierra de equipos e instalaciones se interconectan a través del neutro del sistema.

La construcción aérea de puesta a tierra más común está compuesta de un conjunto de conectores y conductores que permiten la conexión del neutro y de los equipos instalados en los postes, y el(los) electrodo(s) de puesta a tierra que se encuentra(n) en contacto con el suelo,

literalmente crean un empalme con el mismo.

Para la correcta instalación del sistema de puesta a tierra, el primer paso es la verificación de los materiales según el tipo de instalación. Para esto se debe consultar el patrón de construcción que aplique. Adicionalmente se debe verificar que se cuente con las herramientas apropiadas para realizar la instalación de los conectores, porque de lo contrario se puede lograr que la instalación falle prematuramente.

Instalación de los electrodos de puesta a tierra

El electrodo de puesta a tierra puede ser desde una única varilla de tierra hasta una malla de tierra, compuesta por múltiples varillas y un conjunto de cables y conectores

dispuestos geométricamente en contacto directo con el suelo.

Para la instalación de varillas de tierra donde se encuentre un fondo rocoso, el electrodo se puede enterrar en un ángulo oblicuo que no supere los 45° con respecto a la vertical (cumpliendo con la profundidad de enterramiento) ó a 0.76 metros (30") de profundidad dispuesto horizontalmente sobre una zanja, ver figura N°1.¹

Quando se utilicen más de un electrodo de puesta a tierra deben estar unidos entre sí y separados como mínimo 1.83 metros (6') de distancia.² Esta distancia es necesaria debido a que los electrodos una vez enterrados requieren de una zona de influencia para hacer un efectivo empalme con el suelo. Al colocar dos electrodos demasiado cerca las zonas de influencia se traslapan y no se mejora la resistencia del empalme. Esta zona de influencia se crea también alrededor de los conductores que unen las barras de tierra en una malla, por eso su importancia que los mismos sean desnudos y estén enterrados en el suelo al menos 0.30 m.

Quando se instala un electrodo de puesta a tierra es necesario medir su resistencia correctamente para saber si es la adecuada para el equipo a instalar. En caso de no serlo, se puede optar por construir mallas (más de un electrodos de tierra) para lograr bajar la resistencia a los valores deseados, ver figura N° 2 y N° 3.

¹ Artículo 250.52 A (5) del National Electrical Code.

² Artículo 253.52 B del National Electrical Code.

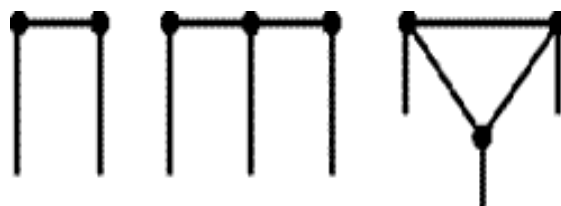


Figura N° 2. Arreglo de puesta a tierra con 2 o tres electrodos de tierra.

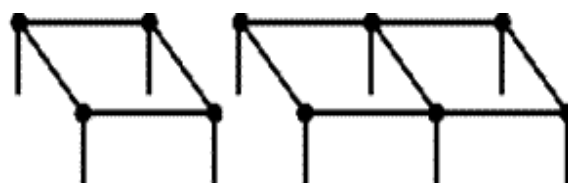


Figura N° 3. Arreglo de puesta a tierra con más de cuatro electrodos de tierra.

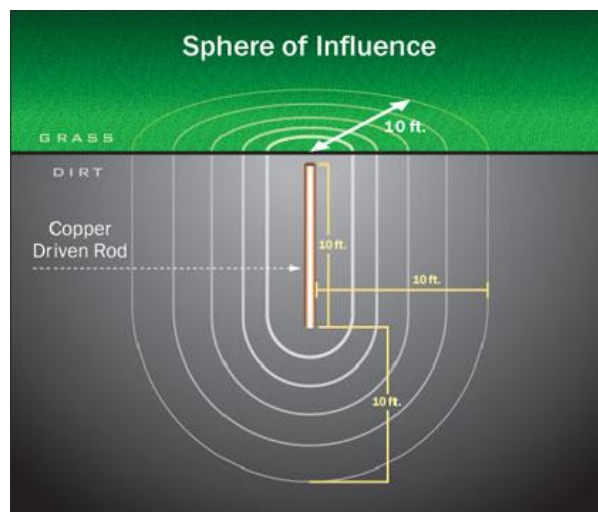


Figura N° 4. Un electrodo de longitud "L" tiene una esfera de influencia con un radio aproximadamente igual a su longitud. En sistemas de puesta a tierra, si dos electrodos están en un espacio muy cercano al otro, las esferas de influencia se superpondrán el uno con el otro, reduciendo o minimizando la habilidad del electrodo para disipar la corriente.

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 4 de 11

Estas configuraciones dependen de la resistencia de puesta a tierra la cual está directamente relacionada con la composición natural del suelo (características físicas y químicas). Por ejemplo, un suelo arcilloso hace un excelente empalme a tierra, a diferencia de un suelo rocoso.

Adicionalmente la humedad del suelo influye en la resistencia. En cualquier material a mayor humedad menor resistencia. Esto es importante tomarlo en cuenta en especial en suelos rocosos o arenosos debido a que si se realiza una instalación con valores apropiados en época lluviosa es posible que no sean apropiados en época seca. Si se trata de equipos sensitivos hay que asegurar una baja resistencia mediante la instalación de una malla.

Mediciones de la Puesta a Tierra:

Para verificar las condiciones de la resistencia de puesta a tierra se debe tener presente lo siguiente:

- No realizar mediciones en caso de tormentas o precipitaciones atmosféricas.
- Utilizar los implementos de seguridad necesarios para esta prueba.
- La medición de la resistencia a tierra se debe realizar utilizando un instrumento especial o medidor de resistencia de tierra, puede ser una pinza de tierra o un medidor de tres puntos.
- Se deben realizar por lo menos tres mediciones independientes de la

resistencia de la puesta a tierra, cuyos valores deben ser iguales o similares.

Un método simple para realizar la medición de la puesta a tierra es a través de pinzas o mordazas de medición para la resistencia de tierra, las cuales se colocan alrededor del conductor de tierra, para realizar esta medición el circuito debe estar cerrado y firmemente conectado al neutral, ver figura N° 5.

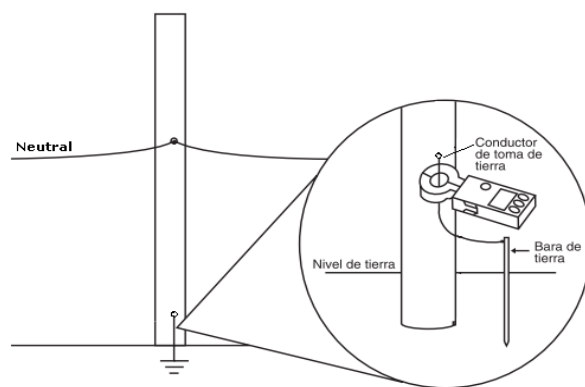


Figura N° 5. Ejemplo para la medición de la resistencia de puesta a tierra. La medición se puede realizar en la salida condicional a tierra o en la parte superior del poste, para realizar estas mediciones se deben utilizar los implementos de seguridad adecuados.

Otro método es el de caída de potencial o el de 3 puntos en el cual se inyecta una corriente a través del electrodo de la puesta a tierra y se mide el alza de potencial por el electrodo auxiliar de potencia, conocidos el valor de la tensión y de la corriente se obtiene la resistencia de la puesta a tierra.

Dicho de otra manera, se debe colocar el electrodo auxiliar de potencia Y a una

distancia “d” (igual al doble de la longitud del electrodo) y a una distancia “2d” al electrodo auxiliar de corriente Z con respecto al electrodo de puesta a tierra, en

línea recta, de manera tal que el electrodo Y este fuera de las áreas de resistencia del electrodo de tierra y del electrodo Z.

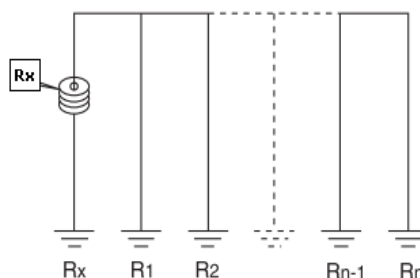
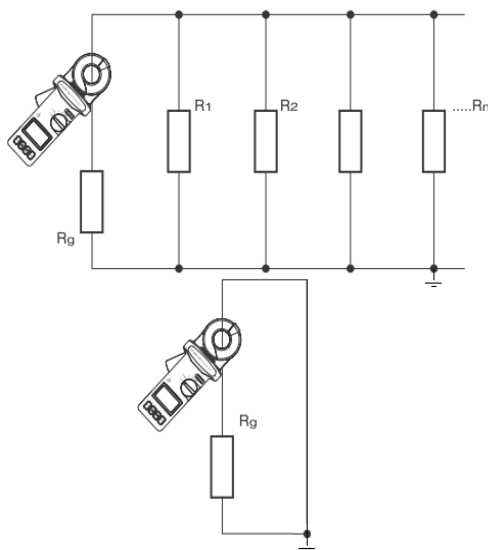


Figura N° 6. La medición de resistencia a tierra con pinza de medición permite realizar las mediciones sin desconectar la toma de tierra del sistema. Para realizar esta medición se debe proporcionar espacio suficiente entre las pinzas las cuales deben ser capaces de cerrar con facilidad alrededor del conductor de tierra (a) Circuito Cerrado (b) Circuito Abierto.

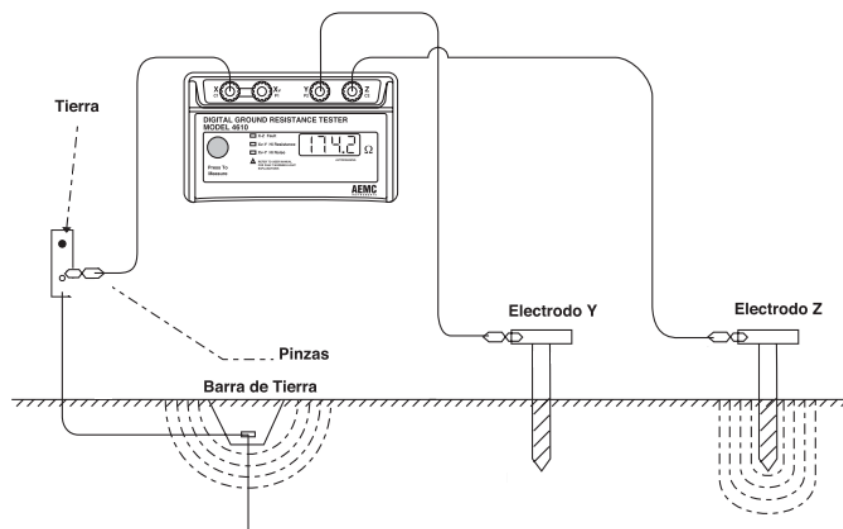


Figura N° 7. La medición de resistencia a tierra con el medidor de tres puntos se deben realizar colocando los dos electrodos de prueba “Y” y “Z” sobre una línea recta y separados horizontalmente entre sí.



ENSA

Dirección de Distribución e Ingeniería
Criterio de Construcción, Operación y
Mantenimiento

Puesta a tierra

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 6 de 11

Es importante recalcar que un buen sistema de puesta a tierra no solo involucra una buena instalación del electrodo de tierra, es indispensable que exista conductor neutral y que el mismo se extienda a través de los postes contiguos, pues de esta manera garantizamos que la medición de resistencia sea de todo el circuito, de existir circuitos abiertos es importante realizar las correcciones para evitar deficiencias en la mediciones de puesta a tierra, ver figura N° 3.

Conductor de puesta a tierra

Como conductor de puesta a tierra utilizamos el conductor cobrizado N° 6 AWG bajo código ENSA 08-08-060 en postes de madera y poliéster reforzado en fibra de vidrio, según el patrón NC-CT-01 y NC-CT-04, Capítulo 6, versión 3.1.

En postes de concreto ya existentes utilizamos el conductor cobrizado N° 6 AWG, bajo código ENSA 08-08-060 en caso de que exista la necesidad de reubicación según el patrón NC-CT-03, Capítulo 6, versión 3.1

Para la instalación de nuevos postes de concreto solo se permitirá el uso de conductor de cobre N°2 AWG, bajo código ENSA 08-08-220, de acuerdo al patrón NC-CT-02 del Capítulo 6 de puesta a tierra, versión 3.1

Para realizar las conexiones entre los conductores N°2 AWG Cu y N°6 cobrizado se debe utilizar el conector bajo el código ENSA **03-07-410**. Este mismo código **03-07-410** se debe utilizar para realizar conexiones entre conductor de aluminio

N°1/0 AWG a cobre N° 6 AWG, y también para unir conductor aluminio N°1/0 AWG a cobre N°6 AWG.

Puesta a Tierra de Equipos Utilizados en la Red de Distribución de ENSA:

Se deberán conectar a tierra todas las partes metálicas no portadoras de corriente de los siguientes equipos:

- Transformadores
- Reguladores de voltaje
- Recerradores
- Banco de capacitores
- Pararrayos
- Interruptores de aire
- Luminarias, entre otros.

En el caso de reguladores de voltaje, recerradores y banco de capacitores se deberá garantizar una resistencia de puesta a tierra menor o igual de 10 Ω ; en pararrayos transformadores, cuchillas, interruptores, luminarias y postes sin equipos eléctricos, la resistencia a tierra deberá ser menor o igual a 25 Ω , en caso contrario se deberá instalar un segundo electrodo de puesta a tierra.

• Transformadores de Distribución

Los transformadores convencionales deberán conectarse a tierra a través del tornillo de tierra (ground tank) y al sistema del neutral, para esta conexión utilizamos conductor cobrizado N° 6 AWG, bajo código ENSA 08-08-060, ver figura N° 8



Figura N° 8. Conexión a tierra a través del conector de tierra en la carcasa de un transformador convencional.



Figura N° 9. Conector de tierra (ground tank).

En transformadores convencionales el aislador primario *H2* se conectara a la carcasa del transformador y de ahí al neutral del sistema, con excepción de la conexión estrella flotante en la cual se conectara directamente la carcasa al neutral del sistema.

Los transformadores de gabinete se conectarán a la puesta a tierra a través de un conductor o conector de tierra provisto en la parte baja del gabinete tanto en la sección de baja, como en la sección de alta de los transformadores gabinete, ver figura N°10 y N°11. Todas las terminales pre-moldeadas

utilizadas en las conexiones de los transformadores de gabinete deberán conectarse al conductor de tierra.



Figura N° 10. Conductor de conexión a tierra de transformadores tipo gabinete en la sección de alta.



Figura N° 11. Conductor de conexión a tierra de transformadores tipo gabinete en la sección de baja.

La conexión del conductor de tierra del transformador gabinete a la varilla de aterrizaje de la cámara subterránea se realizará con conductor N° 2 AWG, Cu semiduro bajo código ENSA 08-08-120.

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 8 de 11

• Pararrayos

Los pararrayos o descargadores de sobretensión son utilizados para limitar impulsos/ondas debido a descargas atmosféricas y otras sobretensiones que se presenten dentro del sistema de distribución de ENSA. Los pararrayos aéreos serán instalados según lo indicado en la tabla N°2.

Tabla N°2³

<i>Equipo</i>	<i>Cantidad x Fase</i>	<i>Observaciones</i>
Transformadores	1	
Capacitores	1	
Recerradores	2	Línea y Carga
Reguladores	2	Línea y Carga
Fin de línea	1	
Interruptores de Aire	2	Línea y Carga
Postes adyacentes a una transición aérea/ subterránea o en la misma transición	1	

Los pararrayos aéreos deberán colocarse lo más cercano posible al equipo a proteger, con el fin de obtener la máxima protección de los mismos y deberán conectarse a tierra a través de la salida o terminal de tierra (ubicado en la parte inferior del pararrayo) y de ahí se conectara al conductor que viene de la borna en la entrada de tierra del poste al neutral del sistema, esta conexión debe ir lo más cercano posible a la borna de la entrada de tierra con el fin de garantizar la continuidad del pararrayo a tierra a través del aterrizaje interno del poste y la varilla de tierra.

La salida o terminal de tierra del pararrayo se cableara con conductor cobrizado N° 6 AWG, bajo código ENSA 08-08-060.

En el caso de pararrayos subterráneos los mismos se instalaran en los finales de línea o puntos abiertos del sistema con el fin de aumentar el margen de protección en caso de una onda de sobre voltaje reflejada.



Figura N° 12. Pararrayo instalado en cruceta.

³ Manual de normas de construcción aérea, Capítulo 1, artículo 12, versión 2.2.



Figura N° 13. Pararrayo tipo codo para cable subterráneo instalado sobre el pasamuro de un transformador.

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 9 de 11

Estos pararrayos vienen provistos de un conductor de tierra calibre N° 4 AWG de Cu el cual se conecta al conductor o conector de tierra del sistema de distribución subterránea.

de control con conductor N° 10 AWG, Cu, ver figura N°15.

El terminal de tierra del recerrador estará ubicado en la parte baja izquierda del dispositivo (depende del modelo).

- **Interruptor de Aire**

El interruptor aéreo de distribución es un dispositivo que permite la apertura de las líneas de distribución con carga, pueden tener configuración vertical u horizontal, la conexión a tierra se debe realizar con conductor N° 2 Cu con código ENSA 08-08-220 conectado a través de un terminal o conector al soporte metálico.



Figura N° 14. Interruptor aéreo configuración horizontal.

- **Recerradores**

El recerrador es un dispositivo de protección inteligente instalado en los sistemas eléctricos con el fin de detectar fallas eléctricas, evitando que se afecte el sistema debido a interrupciones temporales, la conexión a tierra del recerrador se debe realizar con conductor N° 2 AWG, Cu, bajo con código ENSA 08-08-220, y para la caja

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 10 de 11

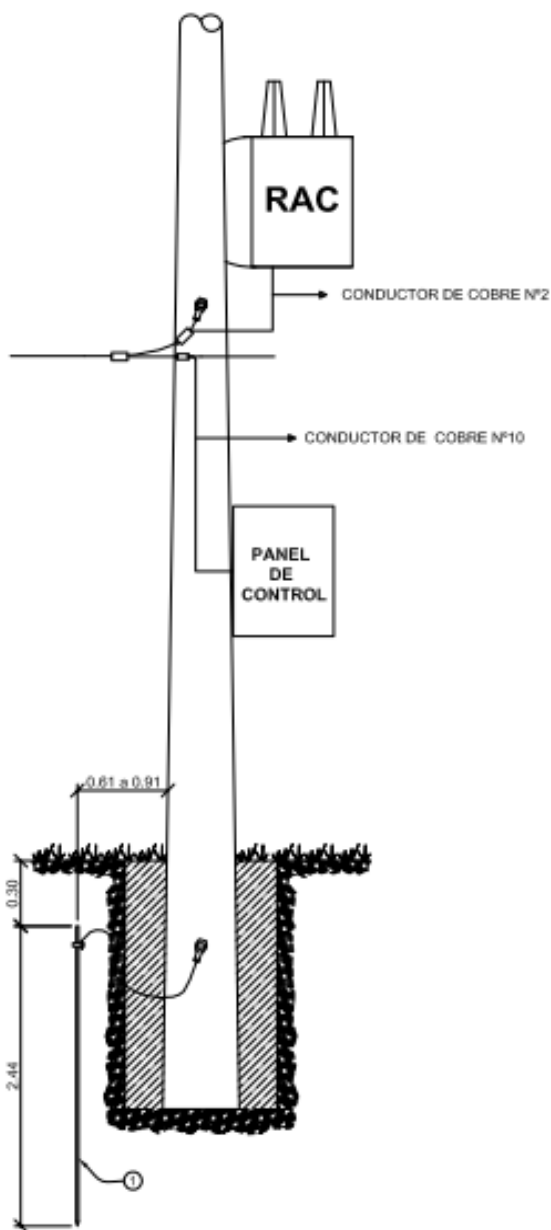


Figura N° 15. Conexión a tierra del Recerrador y la caja de control.

• Luminarias

Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una lámpara, comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de las lámparas.

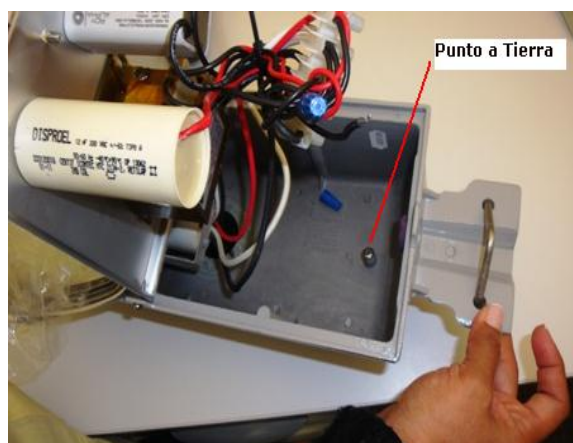


Figura N° 16. Conector a tierra en la carcasa de la luminaria.

La conexión a tierra de las luminarias va a depender del modelo de la luminaria, pero la misma será conectada internamente a través de un tornillo de conexión sujeto a la carcasa, ver figura N° 16.

• Reguladores de Voltaje

Un regulador de voltaje o tensión es un dispositivo eléctrico diseñado para proteger los sistemas eléctricos de variaciones de voltaje, el mismo eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable.

La conexión a tierra de los reguladores de voltaje deberá realizarse con conductor cobrizado N° 6 AWG, bajo código ENSA 08-08-060.

Código:	NO.CCOM.09.01
Fecha de Creación:	Ago-2011
Fecha de Última Actualización:	Abril-2014
Versión:	02
Páginas:	Página 11 de 11

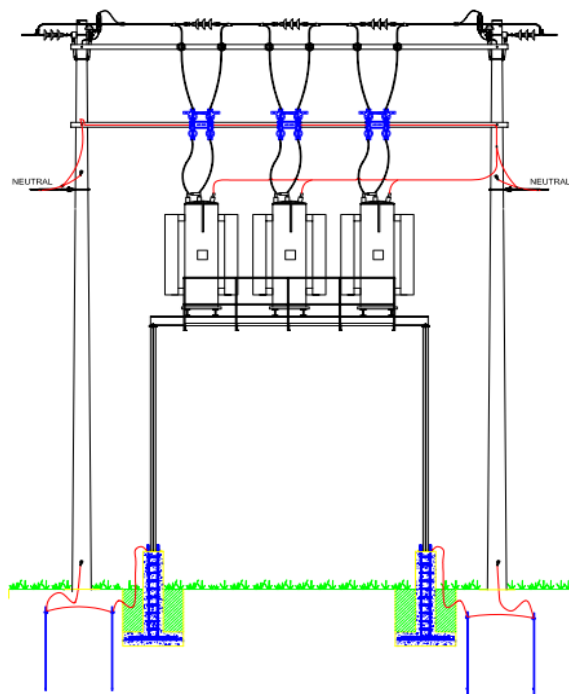


Figura N° 17. Regulador de voltaje con más de un electrodo de puesta a tierra.

Se deberá colocar un electrodo de puesta a tierra en el poste de llegada al recerrador y en el lado de carga del recerrador, si se utilizan varillas adicionales para la estructura las mismas deberán conectarse al electrodo del poste y conectarse entre sí a través del soporte metálico de las cuchillas By-pass, y de allí al neutral del sistema a través del conductor de puesta a tierra, ver figura N° 17.

• **Banco de Capacitores**

Los bancos de capacitores fijos son dispositivos utilizados en las líneas aéreas de distribución con el fin de suministrar potencia reactiva al sistema, solucionando de forma sencilla y eficiente los problemas originados por bajo factor de potencia.

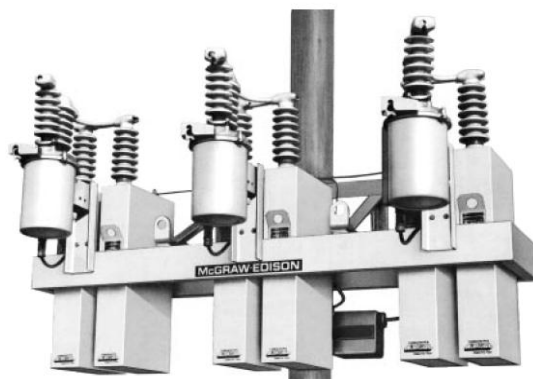


Figura N° 18. Banco de capacitores.

La conexión a tierra de los bancos de capacitores deberá realizarse con conductor cobrizado N°6 AWG, bajo código ENSA 08-08-060, y deberá garantizarse que la tierra sea lo más baja posible con el fin de eliminar corrientes excesivas por la bajante de tierra.

Puesta a Tierra en Instalaciones Residenciales:

Para verificar los valores de aterrizaje se debe constar con un pozo de inspección de puesta a tierra donde la grapa de conexión a la varilla, el conductor del electrodo de puesta a tierra y el extremo superior de los electrodos de varilla, deberán instalarse dentro del mismo, a ras del piso terminado o con el suelo natural, y con tapa removible. Deben estar localizados en lugares de fácil acceso, cercanos al medio principal de desconexión, buscando facilitar su prueba y mantenimiento. Dicho pozo deberá ser cuadrado con dimensión mínima de 20 cm x 20 cm (8" x 8"), o circular con diámetro interno mínimo de 20 cm (8"), y tendrá una profundidad de 15 cm (6").