



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

División de Ingeniería Eléctrica

**“MÉTODOS DE PUESTA A TIERRA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DE ACUERDO A LA NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES
ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA ELÉCTRICA-ELECTRÓNICA**

PRESENTA:

CARLOS JIMÉNEZ LEZAMA.

*

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO

PRESENTAN:

**JAVIER GARCÍA GARCÍA.
MOISÉS MOCTEZUMA FLORES.
OMAR VALLEJO SERNA.**

DIRECTOR DE TESIS: ING. JULIO CARLOS LUNA CASTILLO.



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F. 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a:

Mi esposa y mi hijo por el apoyo que me dieron para poder terminar la carrera.

Mis padres y hermanos.

Mis amigos, compañeros y profesores.

Carlos Jiménez Lezama.

Gracias a:

Poco a poco, paso a paso, el proyecto que inicie llega a su parte culminante, pese a los contratiempos que se presentaron durante la construcción de este. Siempre conté con el apoyo incondicional de ese ser en el que más fé tengo, para brindarme su mano, para seguir adelante y no fracasar en el intento. En verdad te digo que todo aquello que más trabajo me cuesta más valoro y no así las cosas fáciles.

Con cariño y admiración Gracias.

*A Dios
A mis Padres
A Daniela
A mis Hermanos
A mis Amigos
A mis Profesores*

Javier García García.

Esta tesis la realicé en memoria de mi Madre y quiero agradecer a mi Padre, Hermano, Cuñada y Sobrino quienes me apoyaron para lograr un objetivo de mi vida. A los Profesores y Compañeros, quienes contribuyeron en mi formación académica y al mismo tiempo a Carlos Jiménez, Omar Vallejo y Javier García, quienes junto con ellos, con esmero y responsabilidad finalizamos este proyecto.

Moisés Moctezuma Flores

Agradecimiento

Agradezco a mis padres, así como a mis hermanos y amigos el apoyo brindado para la culminación de mis estudios, agradezco a todos y cada uno de los profesores que han compartido conmigo sus conocimientos, en especial a aquellos que me dieron cátedra, agradezco a mi país, México, a través de la Universidad Nacional Autónoma de México que me brinda la oportunidad de formarme como profesional y ser humano, agradezco a los compañeros de generación, agradezco a los amigos forjados en la academia, agradezco la confianza de ella, agradezco a DIOS, gracias.

Omar Vallejo Serna.

OBJETIVO

El presente trabajo tiene como finalidad, hacer resaltar las secciones más relevantes de la NOM-001-SEDE-1999 sobre los métodos de puesta a tierra y fomentar una cultura de la importancia de la puesta a tierra en las personas que se dediquen a proyectar y construir instalaciones eléctricas de cualquier tipo y tamaño, que se encuentren contempladas en la NOM-001-SEDE-1999.

Lo anterior debido al incremento en el uso de los equipos eléctricos y electrónicos más complejos, así como de la demanda de una mayor seguridad, confiabilidad y ahorro de energía en las instalaciones eléctricas en general.

CONTENIDO

	Página
Introducción.	6
1. Requisitos Generales.	8
2. Disposiciones Generales.	13
3. Puesta a Tierra de Circuitos y Sistemas.	15
4. Ubicación de las Conexiones de Puesta a Tierra de los Sistemas.	27
5. Puesta a Tierra de Envolventes y Canalizaciones.	42
6. Puesta a Tierra de los Equipos.	44
7. Métodos de Puesta a Tierra.	49
8. Puentes de Unión.	63
9. Sistemas de Electrodo de Puesta a Tierra.	80
10. Conductores del Electrodo de Puesta a Tierra.	87
11. Conexiones del Conductor de Puesta a Tierra.	99
12. Transformadores de Instrumento, Reles, etc.	105
13. Puesta a Tierra de Circuitos y Sistemas de Alta Tensión(600V o más).	106
14. Sistemas de Tierras en las Subestaciones Eléctricas.	108
Conclusiones	132
Apéndice	133
Bibliografía	135

INTRODUCCIÓN

La teoría electromagnética establece que no existe en el espacio ningún punto que tenga un potencial eléctrico cero, más que en el infinito. La misma tierra en su parte central, tiene líquidos incandescentes que generan corrientes electromagnéticas circulantes por lo que se cree que es el origen de su campo magnético. Debido a ello los campos electromagnéticos en la tierra están variando, por lo que en cualquier punto terrestre siempre habrá un potencial diferente de cero, debido a las inducciones. También existe la ionosfera a una altura entre 200 y 300 km de la superficie telúrica, en donde hay un campo electromagnético con potenciales entre 300 y 500 KV, es decir, estamos viviendo dentro de un gran capacitor permanentemente.

Aunado a esto existen fenómenos como el rayo, en donde las nubes tienen cargas e inducen diferencias de potencial y campos en las instalaciones eléctricas, que pueden ser peligrosos en lugares donde se manejan líquidos y gases inflamables principalmente. En algunas industrias también se generan campos con ciertas actividades como rozamientos, manejo de polvos, plásticos, bandas, operación de silos, etc. Con el viento seco y caliente, las chimeneas, edificios altos, etc., inducen campos electrostáticos, que en un momento dado se pueden transformar en corrientes eléctricas. En las mallas de tierra de una instalación eléctrica no conectadas entre sí, se pueden generar corrientes eléctricas cuando se produce un evento de falla en alguna de ellas. Con corrientes eléctricas grandes de falla en un terreno se presentan altos potenciales eléctricos que pueden causar daños severos a los seres vivos que en ese momento ahí se encuentren. En las torres de transmisión de energía eléctrica de alta tensión, se pueden presentar fenómenos de flameo en los aislamientos de conductores al viajar por la línea ondas energéticas debidas a la descarga de un rayo o por la simple operación del propio sistema, por ejemplo en la apertura y cierre de interruptores y todo ello resultado de un mal aterrizaje de la instalación. Cualquier parte de un sistema puede causar daño, cuando eleva su potencial a cierto valor, es decir, en general, en cualquier superficie de la tierra se crea un flujo de corriente eléctrica cuando existen como mínimo dos puntos de diferente potencial. Es por eso que en la práctica, siempre habrá puntos de un sistema que pueden tener potenciales diferentes por las inducciones, tensiones, etc.

En los inicios del uso de la electricidad en forma comercial, los sistemas de puesta a tierra se usaban para tener una tensión mas de referencia, con el transcurso del tiempo se le han encontrado otras aplicaciones. Actualmente se utilizan para limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en los circuitos, a contactos accidentales de mayor tensión así como para limitar la diferencia de potencial a tierra del circuito durante su operación normal. Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en casos donde se presenta una falla a tierra. De hecho, también los dispositivos de protección contra sobretensiones, necesitan de una conexión a tierra para su correcta operación, dispositivos como los apartarrayos, el hilo de guarda, los cuernos de arqueo, etc. La puesta a tierra tiene una relación directa con la correcta operación de las protecciones de una instalación eléctrica y consecuentemente con la seguridad de los bienes y las personas.

Con todo lo anterior uno de los problemas más importantes y controvertidos en el proyecto de las instalaciones eléctricas es la selección de un método de puesta a tierra adecuado para cada caso en particular. Los métodos de puesta a tierra de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones eléctricas (Utilización), son requisitos de seguridad para las personas y su patrimonio.

El presente trabajo tienen como finalidad dar a conocer los diferentes métodos de puesta a tierra en las instalaciones eléctricas basados en los artículos y secciones más relevantes que apliquen de la NOM-001-SEDE-1999 mediante la generación de un documento que sirva de base para que las

personas que se dedican tanto al proyecto, construcción, verificación, mantenimiento así como a la simple operación de las instalaciones eléctricas de cualquier tipo y tamaño, comprendan de una manera clara y con ejemplos la importancia que tiene la puesta a tierra de las instalaciones; ya que en la actualidad la información al respecto existente se encuentra muy dispersa, y aún existen incongruencias entre los reglamentos y las exigencias de los fabricantes de equipo, lo que da como resultado que un gran número de éstas personas desconozcan los métodos de puesta a tierra y por consiguiente no los apliquen, infringiendo de esta manera la NOM-001-SEDE-1999.

Nuestra investigación se basa en la descripción y explicación de los artículos y secciones de la NOM-001-SEDE-1999 referentes a los métodos de puesta a tierra, ya que los artículos y secciones de la NOM-001-SEDE-1999, como cualquier otra norma o reglamento están propensas a la interpretación, y con la descripción y explicación basada en libros, artículos de revistas, etc., escritas por expertos en la materia se tendrá una visión más objetiva de cada artículo y sección. Para entender el texto se debe aclarar que los comentarios hechos por nosotros y/o tomados de los textos de apoyo a los artículos de la NOM-001-SEDE-1999, se encuentran en letra *cursiva*, y el texto de la NOM-001-SEDE-1999, en letra normal.

CAPITULO 1. REQUISITOS GENERALES.

Definiciones generales.

Acometida. Derivación que conecta la red del suministrador a las instalaciones del usuario.

Alimentador. Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

A tierra. Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Autoridad Competente. Secretaría de Energía; Dirección General de Gas L. P. y de Instalaciones Eléctricas conforme sus atribuciones.

Cable de acometida. Conductores de acometida con configuración de cable.

Caja de paso. Parte independiente, unida a un sistema de tubo (conduit) que permite acceso al interior del sistema, al retirar una tapa o tapas removibles, en un punto de unión de dos o más secciones del sistema o en un punto terminal del sistema.

Canalización. Canal cerrado de materiales metálicos o no-metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta NOM.

Capacidad de conducción de corriente. Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso, sin exceder su temperatura nominal.

Circuito derivado. Conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida(s).

Conductor aislado. Conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductor cubierto. Conductor rodeado de un material de composición o espesor no reconocidos por esta NOM como aislamiento eléctrico.

Conductores de acometida. Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la acometida.

Conductor del electrodo de puesta a tierra. Conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en el equipo de acometida o en la fuente de un sistema derivado separado.

Conductor desnudo. Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor de puesta a tierra. Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

Conductor de puesta a tierra de los equipos. Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no-conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separado.

Conductor puesto a tierra. Conductor de un sistema o circuito intencionalmente puesto a tierra.

Corriente de Interrupción. Corriente eléctrica máxima de corto circuito, a la cual un dispositivo a su tensión eléctrica nominal, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Otros dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de cortocircuito, pueden tener su corriente de interrupción expresada en función de otras unidades, como kW o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

Desconectores:

Desconector aislador. Dispositivo diseñado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene corriente de interrupción y está diseñado para operar sin carga y únicamente después de que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

Desconector de aislamiento en derivación. Dispositivo operado manualmente usado en conjunto con un desconector de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores de carga a la fuente de alimentación y aislar el desconector de transferencia.

Desconector de uso transferencia. Dispositivo automático o no automático para transferir una o más conexiones de los conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

Desconector de uso general. Dispositivo diseñado para uso en circuitos de distribución general y derivado con el fin de conectar o desconectar cargas hasta su corriente y tensión eléctricas nominales. Tiene capacidad nominal en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión eléctrica nominal.

Electrodo. Cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinados a establecer una conexión con el mismo.

Energizado(a). Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

Envolvente. Recinto, recipiente o carcasa de un aparato, cerca o paredes que rodean una instalación para prevenir que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para protección de los equipos contra daño físico.

Equipo. Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarias, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

Equipo de acometida. Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconector y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.

Fusible. Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica en un tiempo determinado.

Nota: El fusible comprende todas las partes que forman una unidad capaz de efectuar las funciones descritas y puede ser o no el dispositivo completo requerido para su conexión en el circuito eléctrico.

Gabinete. Envoltura diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas, en cuyo caso dichas partes deben ser oscilantes.

Herraje. (accesorio) Contratueras, boquillas (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica que eléctrica.

Identificado. (aplicado a los equipos) Reconocido como adecuado para un propósito específico, función, uso, entorno, aplicación, por medio de una identificación donde esté así descrito como requisito particular de esta NOM.

Interruptor de circuito por falla a tierra. Dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona para desenergizar un circuito o parte del mismo, dentro de un periodo determinado, cuando una corriente eléctrica a tierra excede un valor predeterminado, menor al necesario para accionar el dispositivo de protección contra sobre corriente del circuito de alimentación.

Listado. Equipo o productos incluidos en una lista publicada por un organismo de certificación acreditado (institución relacionada con la evaluación del producto, que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o producto listado, y que en el listado establece que los equipos o materiales cumplen con las normas aplicables o que hayan sido sometidos a prueba y encontrados aptos para condiciones específicas de uso). El medio para identificar equipo listado puede variar para cada organismo acreditado o dependencia relacionada con la evaluación del producto, algunas de ellas no reconocen el equipo como listado a menos que también este etiquetado. Se debe utilizar el sistema empleado por el organismo que origina el listado o dependencia para identificar los productos listados. En tanto no esté disponible un listado de productos que destaque las características de los mismos con relación a las prescripciones establecidas por esta NOM o en tanto un producto no cuente con los elementos que permitan su certificación conforme con lo establecido en 110-2, no procede la obligatoriedad de cumplir con el requisito de "ser listado" indicado en diversas disposiciones de esta NOM. Invariablemente los productos deberán cumplir con lo indicado en 110-2.

Lugares:

Lugar húmedo. Lugar parcialmente protegido bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados.

Lugar mojado. Instalación subterránea o dentro de losas o mampostería de concreto, que está en contacto directo con el terreno o un lugar sometido a saturación con agua y otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido.

Lugar seco. Lugar que normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción.

Marcado (aplicado a marca de conformidad). Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para el organismo que se ocupa de la evaluación de la conformidad del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

Medio de desconexión. Dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

Panel. Placa, entrepaño, tramo, segmento, cuadro o compartimiento.

Panel de alumbrado y control. Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

Persona calificada. Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en la proyección, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

Partes vivas. Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos que representan riesgo de choque eléctrico.

Protección de falla a tierra de equipos. Sistema diseñado para dar protección a los equipos contra daños por corrientes de falla entre línea y tierra, que hacen funcionar un medio de desconexión que desconecta los conductores no-puestos a tierra del circuito afectado.

Puente de unión, circuito. Conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

Puente de unión, equipo. Conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión, principal. Conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

Puente de unión. Conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

Puesto a tierra. Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

Puesto a tierra eficazmente. Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tenga una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

Punto de acometida. Punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y las del usuario.

Receptáculo. Dispositivo de contacto instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contacto. Un receptáculo múltiple es aquél que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

Resguardado. Cubierto, blindado, cercado, encerrado o protegido de otra manera, por medio de cubiertas o tapas adecuadas, barreras, rieles, pantallas, placas o plataformas que evitan el riesgo de acercamiento o contacto de personas u objetos a un punto peligroso.

Salida. Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.

Sistema de alambrado de usuarios: Alambrado interior y exterior incluyendo circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización con todos sus herrajes, accesorios y dispositivos de alambrado asociados, ya sean permanentes o temporalmente instalados, que parten desde el punto de acometida de los conductores del suministrador o fuente de un sistema derivado separado hasta las salidas. Dicho alambrado no incluye el alambrado interno de aparatos electrodomésticos, luminarias, motores, controladores, centros de control de motores y equipos similares.

Sistema derivado separadamente. Sistema de alambrado de una propiedad, cuya energía procede de una batería, sistema fotoeléctrico solar o de un generador, transformador o devanados de un convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa incluyendo al conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, con los conductores de suministro que provengan de otro sistema.

Sobrecarga. Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo, puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.

Sobrecorriente. Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla da tierra.

Tensión eléctrica a tierra. En los circuitos puestos a tierra, es la tensión eléctrica entre un conductor dado y aquel punto o el conductor del circuito que es puesto a tierra. En circuitos no-puestos a tierra es la mayor diferencia de potencial entre un conductor determinado a otro conductor de referencia del circuito.

Tensión eléctrica (de un circuito). Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación. Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media) de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados.

Tensión eléctrica nominal. Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar desde el nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Tubo (conduit). Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

Unión. Conexión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

CAPITULO 2 . DISPOSICIONES GENERALES.

250-1 Alcance. Este artículo trata de los requisitos generales para puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y además los requisitos que se indican a continuación:

- En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite y donde no se permite que estén puestos a tierra.
- El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- Ubicación de las conexiones puestas a tierra.
- Tipos y tamaños nominales de los conductores, puentes de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
- Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.
- Condiciones en las que se pueden sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

Nota 1. Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

Nota 2. Los materiales conductores que rodean a conductores o equipos eléctricos o que forman parte de dicho equipo, se conectan a tierra para limitar la tensión a tierra de estos materiales y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes en caso de falla a tierra.

250-2. Aplicación de otros artículos. En otros artículos relativos a casos particulares de instalación de conductores y equipo, hay otros requisitos adicionales a los de este artículo o que modifican a los mismos:

Tema	Artículo	Sección
Acometidas	230	
Albercas fuentes e instalaciones similares	680	
Anuncios luminosos y alumbrado de realce	600	
Antenas de televisión comunitarias y sistemas de distribución de Radio		820-33, 820-40 422-16
Aparatos eléctricos		410-17, 410-18, 410-19, 410-21, 410-105(b)
Aparatos eléctricos y equipo de alumbrado		
Áreas peligrosas (clasificadas)	500-517	
Cables y cordones flexibles		400-22, 400-23
Canalizaciones prealumbradas		365-9
Capacitores		460-10, 460-27
Casas móviles, casa prefabricadas y sus estacionamientos	550	
Celdas electrolíticas	668	
Circuitos clase 1, Clase 2 y Clase 3 para control remoto, señalización y de potencia limitadas		725-6
Circuitos de comunicación	800	
Circuitos derivados		210-5, 210-6, 210-7
Circuitos y equipos que operan a menos de 50 V	720	

Tema	Artículo	Sección
Conductores para alambrado en general	310	
Construcciones agrícolas		547-8
Construcciones flotantes		553-8, 553-10, 553-11
Desconectadores		380-12
Elevadores, montacargas, escaleras eléctricas y pasillos móviles, escaleras y elevadores para sillas eléctricas.	620	
Equipos de acometida		260-63
Equipos de calentamiento por inducción y por pérdidas dieléctricas	665	427-21, 427-29
Equipo eléctrico fijo para calentamiento de tuberías y recipientes		427-48,
Equipo eléctrico fijo para descongelar y derretir nieve		426-27
Equipo eléctrico fijo para calefacción de ambiente		424-14
Equipos de grabación de sonido y similares		640-4
Equipos de procesamiento de datos y de cómputo electrónico		645-15
Equipos de radio y televisión	810	
Equipos de rayos X	660	517-78
Estudios de cine, televisión y lugares similares		530-20, 530-66
Grúas y polipastos	610	
Instalaciones en lugares de atención de la salud	517	
Instalaciones con tensiones eléctricas nominales mayores de 600 V.		710-4(b)(1)
Maquinaria industrial	670	
Máquinas de riego operadas o controladas eléctricamente		675-11(c), 675-12, 675-13, 675-14 675-15
Marinas y muelles		555-7
Motores, circuitos de motores y sus controladores	430	
Órganos tubulares	650	
Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control		384-20
Luminarias, portalámparas, lámparas y receptáculos		410-58, 210-7
Salidas, dispositivos, cajas de jalado y de empalmes, cajas de paso y accesorios		370-4, 370-25
Sistemas de distribución programada		504-50
Sistemas intrínsecamente seguros		760-6
Sistemas de señalización para protección contra incendios		690-41, 690-42,
Sistemas solares fotovoltaicos		690-43, 690-45 690-47
Tableros de distribución y paneles de alumbrado y control		384-3, 384-11
Teatros, áreas de audiencia en cines y estudios de televisión y lugares similares		520-81
Transformadores y bóvedas de transformadores		450-10
Uso e identificación de los conductores puestos a tierra	200	
Vehículos de recreo y sus estacionamientos	551	

CAPITULO 3 . PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS Y SISTEMAS.

250-3. Sistemas de corriente eléctrica continua (c.c.)

- a) **Sistemas de corriente eléctrica continua de dos conductores.** Los sistemas de c.c. de dos conductores que suministran energía al sistema de alambrado de usuarios, deben estar puestos a tierra.

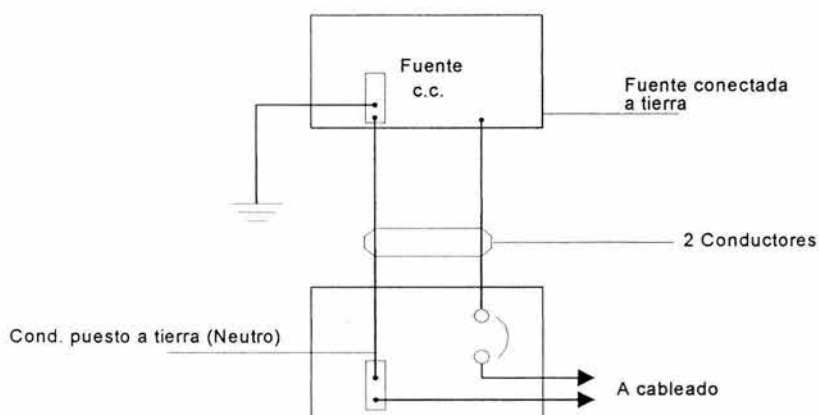


Figura 250-3(a).

La figura 250-3(a) ilustra la puesta a tierra de un sistema de corriente directa de dos hilos, de más de 50 VCD y no más de 300 VCD. Se permite que un sistema de corriente directa que tenga un voltaje de menos de 50 V no se conecte a tierra, como es el caso de los sistemas de control de 24 VCD. Ver figura 250-3(a-1).

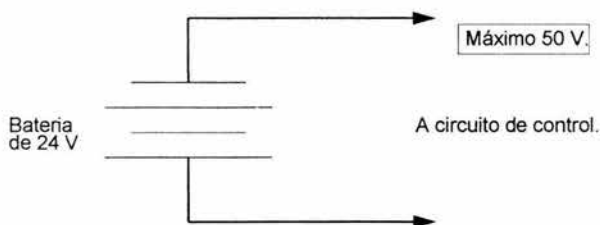


Figura 250-3(a-1).

Excepción 1: Un sistema equipado con un detector de toma de tierra y que suministre energía sólo a equipos industriales en zonas limitadas.

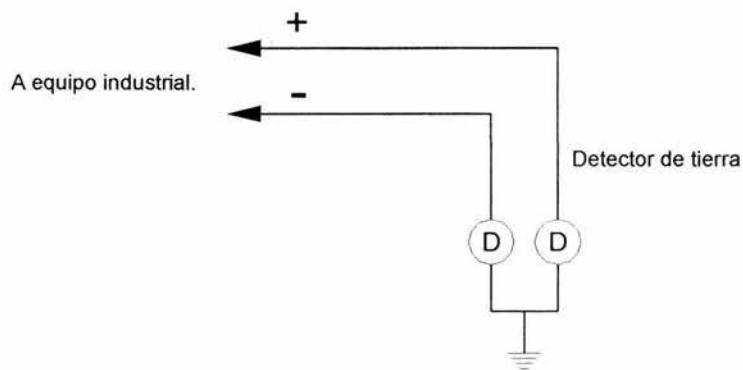


Figura 250-3(exc.1).

La figura 250-3(ex1) ilustra un sistema de corriente continua de dos hilos con detector de puesta a tierra.

Excepción 2: Un sistema que funcione a 50 V o menos entre conductores.

Excepción 3: Un sistema que funcione a más de 300 V entre conductores.

Excepción 4: Un sistema de c.c. derivado de un rectificador y alimentado desde un sistema de c.a. que cumpla con 250-5.

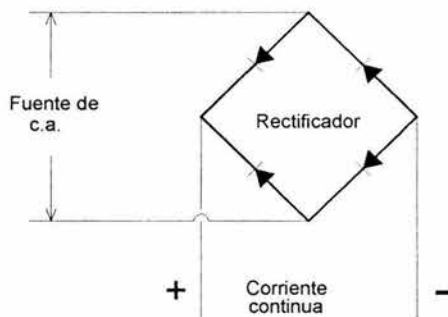


Figura 250-3(ex4).

La figura 250-3(ex4) ilustra un sistema de corriente continua alimentado de un rectificador.

Excepción 5: Los circuitos de c.c. de alarma contra incendios con una corriente eléctrica máxima de 0,030 A, como se especifica en el Artículo 760 Parte C.

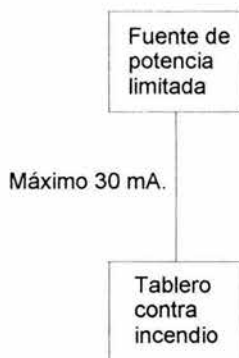


Figura 250-3(ex5).

La figura 250-3(ex5) ilustra un sistema de corriente continua de alarma contra incendio.

b) Sistemas de corriente eléctrica continua de tres conductores. Se debe poner a tierra el conductor neutro de todos los sistemas de c.c. de tres conductores que suministren energía al sistema de alambrado de usuarios.

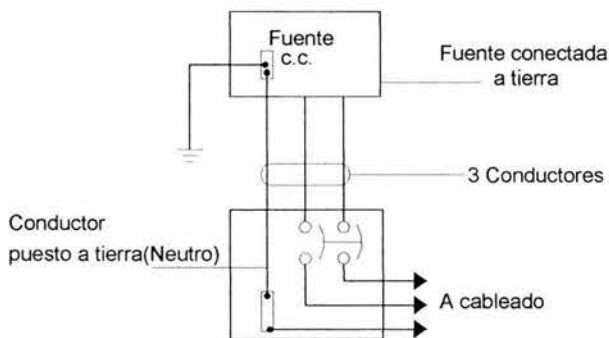


Figura 250-3(b).

La figura 250-3 b ilustra un sistema de corriente continua de tres conductores en el cual se aterriza el conductor Puesto a Tierra (Neutro).

250-5. Circuitos y sistemas de c.a. que se deben poner a tierra. Los circuitos y sistemas de corriente alterna se deben de poner a tierra, según se establece en los siguientes incisos:

Nota. Un ejemplo de sistemas que se puede poner a tierra es un transformador en delta con conexiones en un vértice. Para el conductor que se debe poner a tierra véase 250-25(4).

a) Circuitos de c.a. de menos de 50 V. Los circuitos de c.a. de menos de 50 V se deben poner a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

1) Cuando estén alimentados por transformadores, si el sistema de suministro del transformador excede de 150 V a tierra.

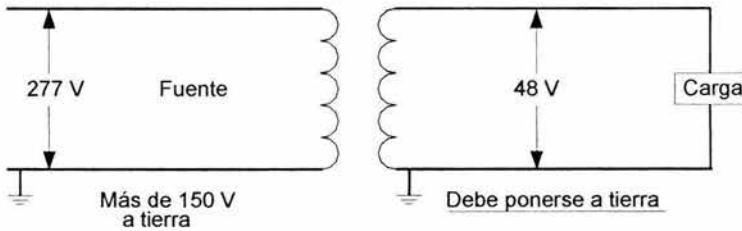


Figura 250-5(a1).

La figura 250-5(a1) ilustra un sistema de corriente alterna de menos de 50 V alimentado por un transformador, cuando el sistema de suministro del transformador excede 150 V a tierra.

2) Cuando estén alimentados por transformadores si el sistema que alimenta al transformador no está puesto a tierra.

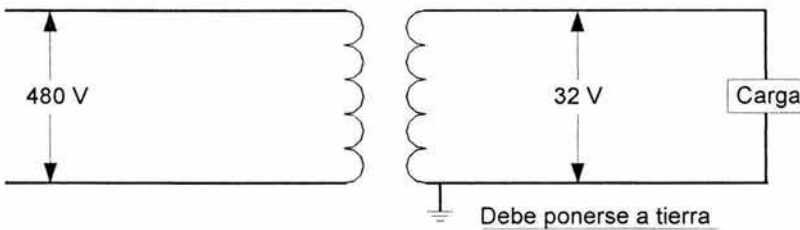


Figura 250-5(a2).

La figura 250-5(a2) ilustra un sistema de corriente alterna de menos de 50 V alimentado por un transformador, si el sistema que alimenta el transformador no está puesto a tierra.

3) Cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de los inmuebles.

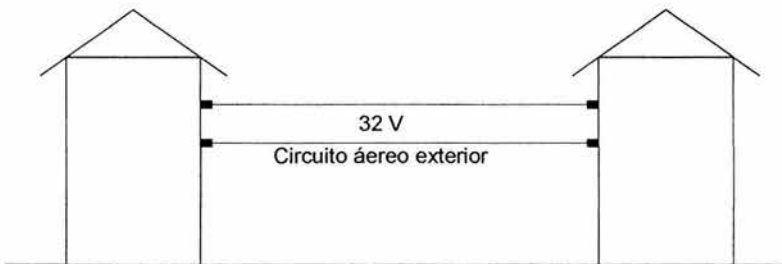


Figura 250-5(a3).

La figura 250-5(a3) ilustra un sistema de corriente alterna de menos de 50 V instalado como un conductor aéreo exterior.

b) Sistemas de c.a. de 50 a 1000 V. Los sistemas de c.a. de 50 a 1000 V que suministren energía a instalaciones y a sistemas de alambreado de usuarios, deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

1) Cuando el sistema puede ser puesto a tierra de modo que la tensión eléctrica máxima a tierra de los conductores no-puestos a tierra no exceda 150 V.

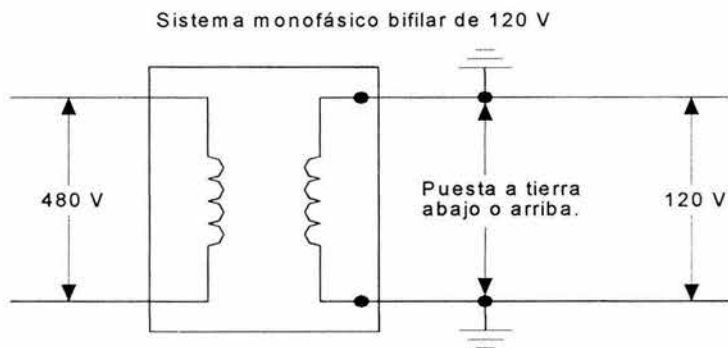


Figura 250-5(b1).

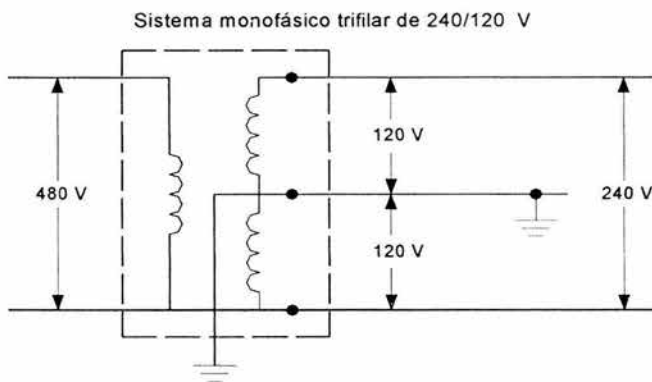
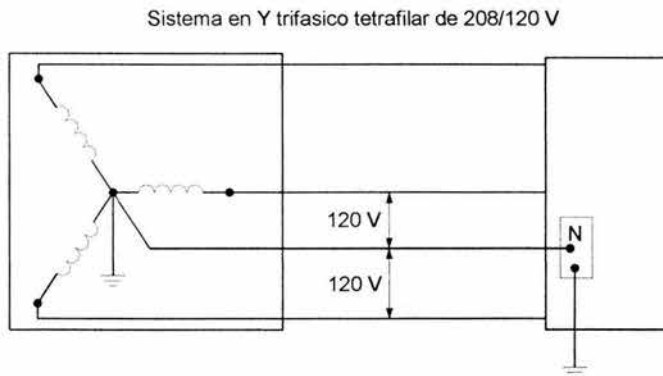


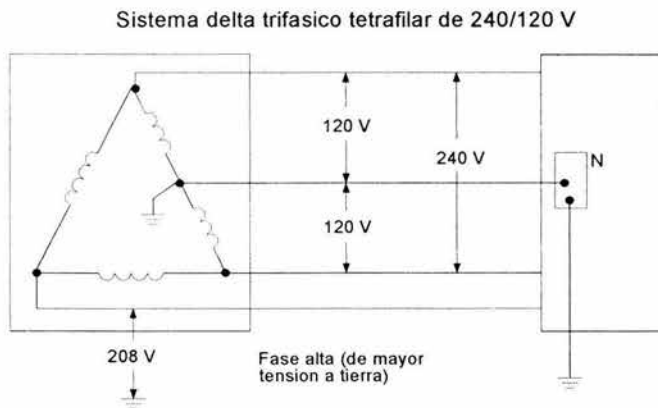
Figura 250-5(b1).

La figura 250-5(b1) ilustra los requisitos de puesta a tierra aplicados a un sistema de 120 V monofásico bifilar y a un sistema de 120/240 V monofásico trifilar.

2) Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en estrella el neutro se utilice como conductor del circuito.



Como se ilustra la figura 250.5 b2), se exige puesta a tierra para todos los sistemas en estrella si el neutro es usado como un conductor puesto a tierra del circuito.



Como se ilustra la figura 250.5 b2-1), para todos los sistemas trifásicos tetrafilares en delta, si el punto medio de una fase se usa como un conductor puesto a tierra del circuito.

3) Cuando en un sistema de tres fases y cuatro conductores conectado en delta el punto medio del devanado de una fase se utilice como conductor del circuito.

4) Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no esté aislado, según las excepciones de 230-22, 230-30 y 230-41.

Excepción 1: Los sistemas eléctricos usados exclusivamente para suministrar energía a hornos eléctricos industriales para fundición, refinado, templado y usos similares.

Excepción 2: Los sistemas derivados independientes utilizados exclusivamente para rectificadores que alimenten sólo a motores industriales de velocidad variable.

Excepción 3: Tensión eléctrica nominal del primario sea inferior a 1000 V, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- a. Que el sistema se use exclusivamente para circuitos de control.
- b. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas atienden la instalación.
- c. Que haya continuidad de la energía en el control.
- d. Se instalan detectores de falla a tierra en el sistema de control.

Excepción 4: Los sistemas aislados, tal como lo permiten los Artículos 517 y 668.

NOTA: El uso de detectores adecuados de tierra en instalaciones sin aterrizar, puede ofrecer mayor protección.

Excepción 5: Los sistemas con neutro a tierra a través de una alta impedancia en el que la impedancia a tierra, generalmente una resistencia, limite al mínimo el valor de la corriente eléctrica de falla a tierra. Se permiten sistemas con neutro a tierra a través de una alta impedancia en instalaciones trifásicas de c.a. de 480 a 1000 V, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- a. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personas calificadas atienden la instalación.
- b. Que se requiera continuidad en la energía.
- c. Que se instalen detectores de falla a tierra en el sistema.
- d. Que el sistema no alimente cargas de línea a neutro.

c) Sistemas c.a. de 1 kV y más. Los sistemas de c.a. que suministren energía a equipos móviles o portátiles, se deben poner a tierra como se especifica en 250-154. Si suministra energía a otros equipos que no sean portátiles, se permite que tales sistemas se pongan a tierra. Cuando esos sistemas estén puestos a tierra, deben cumplir las disposiciones de este Artículo que les sean aplicables.

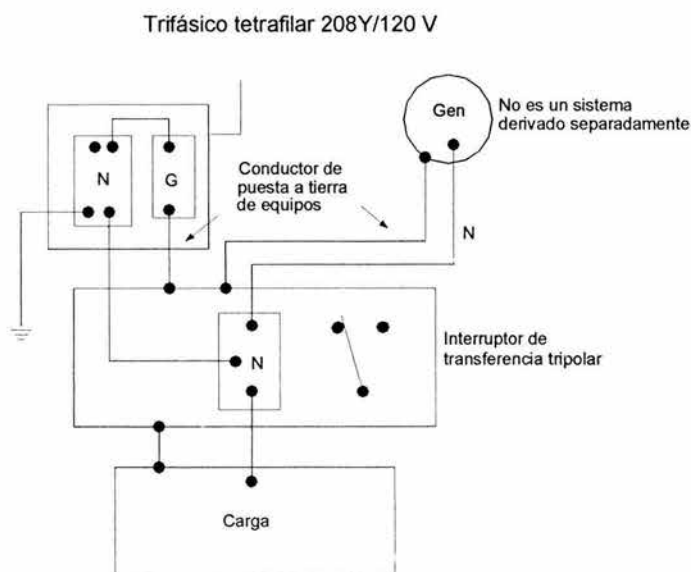
d) Sistemas derivados separadamente. Un sistema de alambrado de usuario cuya alimentación se deriva de los devanados de un generador, transformador o convertidor y no tenga conexión eléctrica directa, incluyendo un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar conductores que se originan en otro sistema, sí se debe poner a tierra según lo anteriormente indicado en (a) o (b). Se debe poner a tierra como se indica en 250-26.

NOTA 1: Una fuente alterna de energía de c.a., por ejemplo un generador, no es un sistema derivado separadamente si el neutro está sólidamente interconectado al neutro de la instalación que parte de una acometida.

NOTA 2: Para los sistemas que no son derivados separadamente y que no se exige que estén puestos a tierra como se especifica en 250-26, véase en 445-5 el tamaño nominal mínimo de los conductores que deben transportar la corriente eléctrica de falla.

Dos de las fuentes más comunes de sistemas derivados independientes en el alambrado de predios son los transformadores y generadores. Un autotransformador o transformador reductor que sea parte del equipo eléctrico y no alimente el alambrado del predio no es una fuente de un sistema derivado independiente.

Las figuras 250-5(d) y 250-5(d-1) representan una acometida eléctrica trifásica tetrafilar de 208Y/120 V que alimenta un medio de desconexión de la acometida a una edificación. El sistema es alimentado a través de un interruptor de transferencia conectado a un generador destinado a suministrar energía en caso de una emergencia o para un sistema de reserva.



En la figura 250-5(d), el conductor del neutro desde el generador a la carga no es desconectado por el interruptor de transferencia. Existe una conexión eléctrica directa entre el conductor puesto a tierra (neutro) del sistema normal y el neutro del generador a través de la barra conductora del neutro en el interruptor de transferencia, con lo cual se pone a tierra el neutro del generador. Puesto que el generador se pone a tierra mediante la conexión a tierra del sistema normal, no es un sistema derivado independiente y no hay requisitos para poner a tierra el neutro en el generador. Bajo estas condiciones, es necesario tender un conductor de puesta a tierra desde los equipos de acometida al interruptor de transferencia tripolar y desde el interruptor de transferencia tripolar al generador. Esto se puede hacer con cualquiera de los elementos enumerados en la sección 250-91(b).

Sistema trifásico tetrafilar de 208Y/120-V

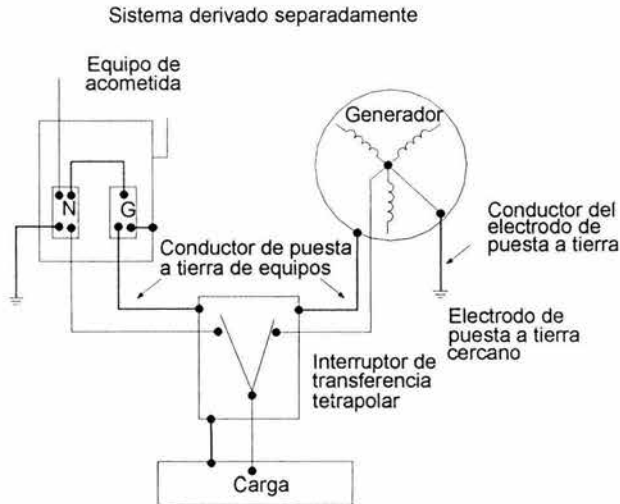


Figura 250-5(d-1)

En la figura 250-5 (d-1), el conductor puesto a tierra (neutro) está conectado a los contactos de conmutación de un interruptor de transferencia tetrapolar. Por lo tanto, el sistema del generador no tiene una conexión eléctrica directa con el conductor puesto a tierra (neutro) del otro sistema de alimentación, y el sistema alimentado por el generador se considera derivado independientemente. Este sistema derivado independientemente (sistema trifásico tetrafilar conectado en estrella que alimenta las cargas de la línea al neutro) se exige que este puesto a tierra de acuerdo con las secciones 250-5(b) y (d). Los métodos de la puesta a tierra del sistema se especifican en la sección 250-26.

La sección 250-26 (a) exige que los sistemas derivados independientes tengan un puente de conexión equipotencial conectado entre el bastidor del generador y el conductor puesto a tierra (neutro) del circuito. Se exige que el conductor del electrodo de puesta a tierra del generador esté conectado a un electrodo de puesta a tierra; este conductor se debería ubicar más cerca posible del generador. Si el generador está en una edificación, se exige que el electrodo de puesta a tierra preferido sea uno de los siguientes, dependiendo de cual conductor de electrodo de puesta a tierra está más cerca del generador:

- (1) Elemento metálico estructural puesto a tierra efectivamente, ó
- (2) Los primeros 5 pies de tubería de agua en una edificación, cuando esta tubería está puesta a tierra efectivamente.

(Hay una excepción con condiciones específicas que permite la conexión de puesta a tierra a la tubería de agua más allá de los primeros 5 pies).

Para edificaciones o estructuras en las cuales no se tienen a disposición los electrodos seleccionados, La elección se puede hacer entre cualquiera de los electrodos de puesta a tierra especificados en la sección 250-81 y 250-83.

250-6. Generadores portátiles y montados en vehículos

a) Generadores portátiles. No se exige que la armazón de un generador portátil se ponga a tierra, y sí se permite que sirva como electrodo de puesta a tierra de una instalación alimentada por el generador, con las siguientes condiciones:

- 1) Que el generador alimente sólo al equipo montado en el propio generador o al equipo conectado a través de cordón y clavija en receptáculos montados en el generador, o ambas cosas.
- 2) Que las partes metálicas no conductoras del equipo y las terminales puestas a tierra de los receptáculos se conecten a la armazón del generador.

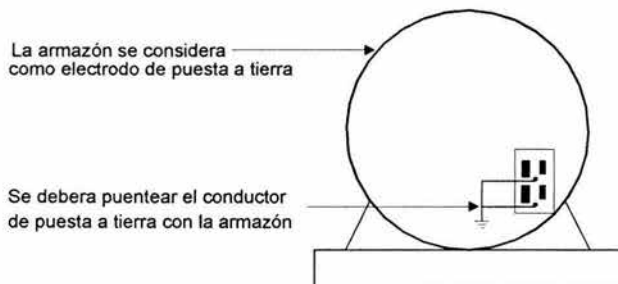


Figura 250-6(a2)

No se requiere conectar a tierra el armazón de un generador portátil (varilla a tierra, tubería para transporte de agua, etc.) si el generador tiene tomacorrientes montados en el panel del generador y los tomacorrientes tienen terminales de puesta a tierra de equipos conectados equipotencialmente al bastidor del generador.

b) Generadores montados en vehículos. Se permite que el chasis del vehículo sirva como electrodo de puesta a tierra del sistema alimentado por el generador montado en el vehículo, con las siguientes condiciones:

- 1) Que el armazón del generador esté conectado al chasis del vehículo, y
- 2) Que el generador alimente sólo a equipo montado sobre el vehículo o a equipo conectado a través de cordón y clavija en receptáculos montados en el vehículo o en el generador o a un equipo montado en el vehículo y otro conectado con cordón y clavija en receptáculos montados en el vehículo o en el generador.
- 3) Que las partes metálicas no conductoras del equipo y de las terminales puestas a tierra de los receptáculos se conecten al armazón del generador.
- 4) Que el sistema cumpla todas las demás disposiciones de este Artículo

Se requiere que los generadores montados en vehículos que proporcionan un conductor de neutro y están instalados como sistemas derivados independientes que alimentan equipos y toma corrientes en el vehículo, tengan el conductor del neutro conectado equipotencialmente al bastidor del generador y al chasis del vehículo.

Se requiere que las paredes no portadoras de corriente del equipo estén conectadas equipotencialmente al bastidor del generador.

c) Conexión del conductor neutro (Puente de unión). Un conductor neutro se debe conectar al armazón del generador cuando el generador sea un componente de un sistema derivado separadamente. No se exige la conexión al armazón del generador de ningún otro conductor, excepto el neutro.

Se requiere que los generadores portátiles y montados en vehículos instalados como sistemas derivados independientes y que proporciona un conductor de neutro, tales como uno trifásico tetrafilar en estrella, o uno monofásico de 240/120 V, o uno trifásico tetrafilar conectado en delta, tenga el conductor del neutro conectado equipotencialmente al armazón del generador.

250-7. Circuitos que no se deben poner a tierra. No se deben poner a tierra los siguientes circuitos:

a) Grúas. Los circuitos de grúas eléctricas que funcionen sobre fibras combustibles en locales Clase III, como establece 503-13.

b) Instituciones de salud (clínicas y hospitales). Los circuitos que establece el Artículo 517.

c) Celdas electrolíticas. Los circuitos que establece el Artículo 668.

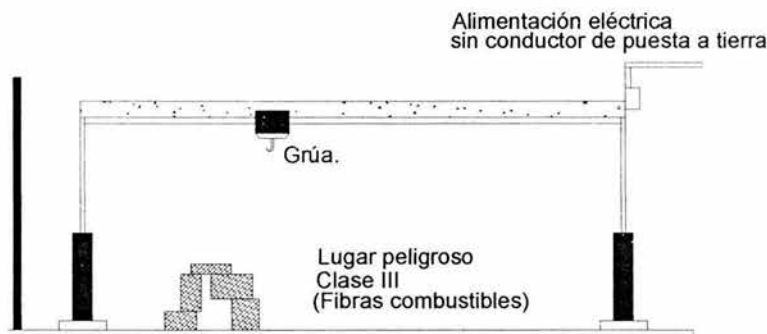


Figura 250-7(a)

La figura 250-7(a) ilustra uno de los circuitos que no es conveniente poner a tierra ya que el ponerlo nos podría propiciar un riesgo para el personal.

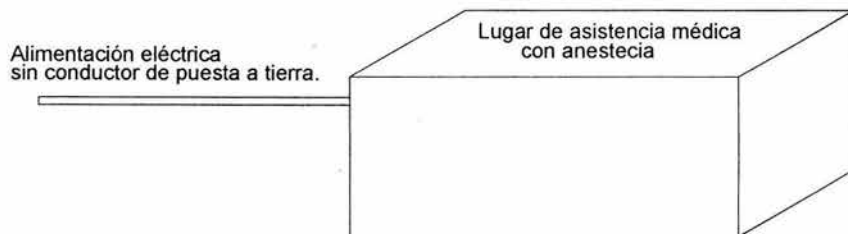


Figura 250-7(b)

La figura 250-7(b) ilustra los circuitos que operan en lugares de asistencia medica no se deberán poner a tierra.

CAPITULO 4. UBICACIÓN DE LAS CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA DE LOS SISTEMAS.

250-21. Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra

a) **Arreglo del sistema para evitar corrientes eléctricas indeseables.** La puesta a tierra de sistemas eléctricos, conductores de circuitos, apartarrayos y partes conductoras de equipo y materiales normalmente sin energía, se debe hacer y disponer de modo que se evite el flujo de corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra o por la trayectoria de puesta a tierra.

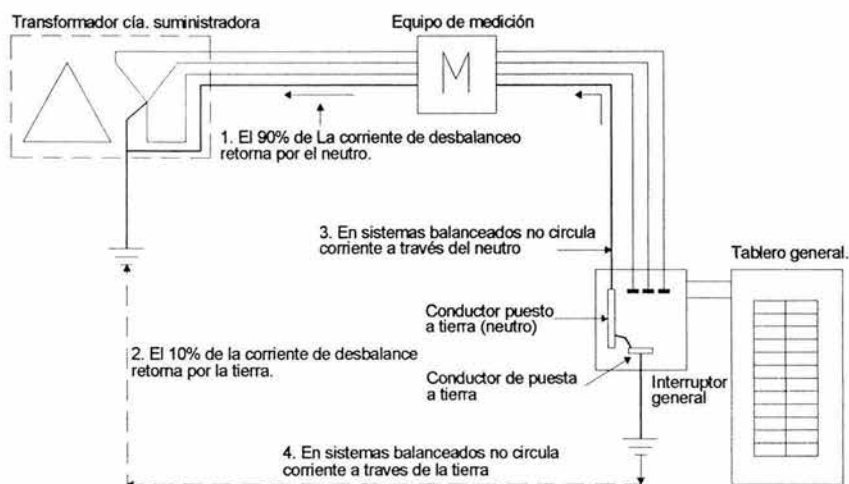


Figura 250-21(a)

En la figura 250.21(a) tenemos que los conductores de puesta a tierra y el neutro, proveen de dos caminos de retorno de la corriente en sistemas desbalanceados.

b) **Modificaciones para evitar corrientes eléctricas indeseables.** Si la instalación de varias conexiones de tierra produce un flujo de corrientes eléctricas indeseables, se permite hacer una o más de las siguientes modificaciones, siempre que se cumplan los requisitos de 250-51:

- 1) Cortar una o más de dichas conexiones a tierra, pero no todas.
- 2) Cambiar la posición de las conexiones a tierra.
- 3) Interrumpir la continuidad del conductor o de la trayectoria conductora de las conexiones a tierra.
- 4) Tomar otras medidas adecuadas.

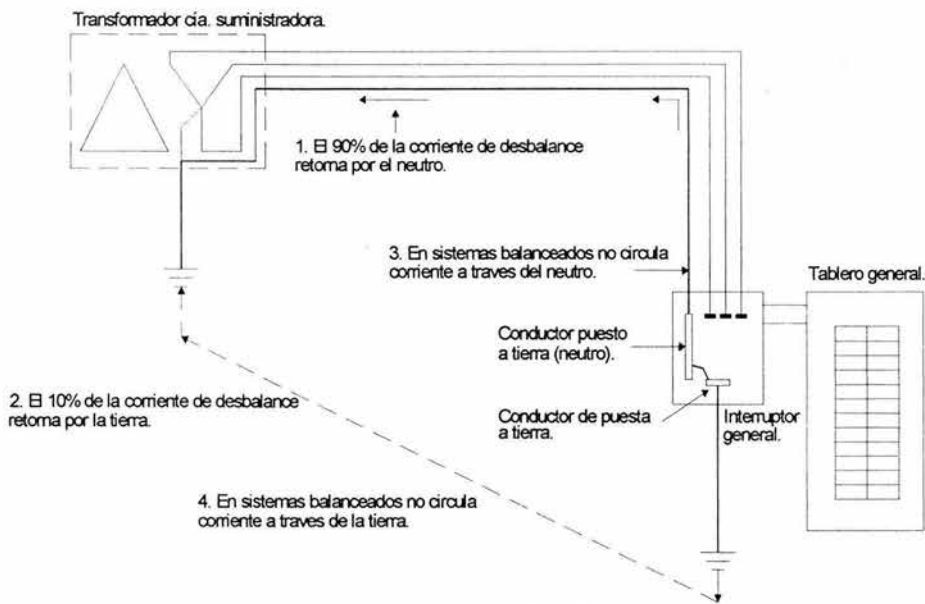


Figura 250-21(b)

En figura 250-21(b) los conductores de puesta a tierra y el neutro, proveen de dos caminos de retorno de la corriente en sistemas desbalanceados

c) Corriente eléctrica temporal que no se considera indeseable. A efectos de lo especificado en los anteriores incisos, no se consideran corrientes eléctricas indeseables a las temporales que se produzcan accidentalmente, como las debidas a fallas a tierra, y que se presentan sólo mientras los conductores de puesta a tierra cumplen sus funciones de protección previstas.

d) Limitaciones a las alteraciones permitidas. Las disposiciones de esta Sección no se deben tomar como permiso de utilización de equipo electrónico en instalaciones o circuitos derivados de c.a. que no estén puestos a tierra como lo exige este Artículo. Las corrientes eléctricas que originan ruidos o errores en los datos de equipos electrónicos no se consideran como las corrientes eléctricas indeseables de las que trata esta Sección.

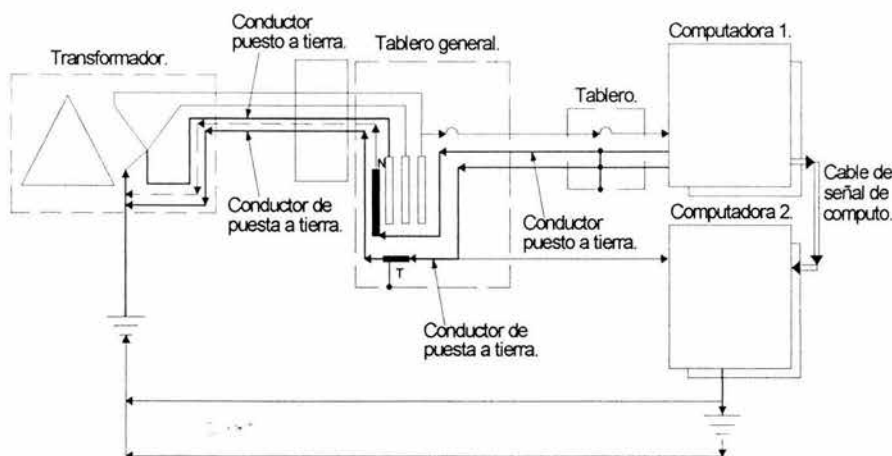


Figura 250-21(c)

En figura 250-21(c) se muestra la instalación eléctrica con tierras múltiples e interconexiones con cable de señal de cómputo.

250-22. Punto de conexión de sistemas de c.c. Los sistemas de c.c. que se ponen a tierra deben tener sus conexiones de puesta a tierra en una o más de sus fuentes de alimentación. No deben hacerse en acometidas individuales ni en ningún otro punto del sistema de alambrado del usuario.

Excepción: Cuando la fuente de alimentación del sistema de c.c. esté situada en el sistema de alambrado del usuario, se debe hacer una puesta a tierra (1) en la fuente de alimentación o en el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente del sistema o (2) mediante cualquier otro medio que ofrezca una protección equivalente al sistema y que utilice equipos aprobados e identificados para ese uso.

250-23. Puesta a tierra de sistemas de c.a. alimentados desde una acometida

a) Puesta a tierra del sistema. Un sistema de alambrado de usuarios que se alimenta por medio de una acometida de c.a. conectada a tierra debe tener en cada acometida un conductor conectado a un electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en la Parte H del Artículo 250. El conductor debe estar conectado al conductor puesto a tierra de la acometida en cualquier punto accesible del lado de la carga de la acometida aérea o lateral hasta, e incluyendo, la terminal o barra a la que esté conectado el conductor puesto a tierra de la acometida en el medio de desconexión de la acometida. Cuando el transformador de alimentación de la acometida esté situado fuera del edificio, se debe hacer como mínimo otra conexión de tierra desde el conductor puesto a tierra de la acometida hasta el electrodo de puesta a tierra, ya sea en el transformador o en cualquier otro punto fuera del edificio. No se debe hacer ninguna puesta a tierra a ningún conductor puesto a tierra de circuitos en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida.

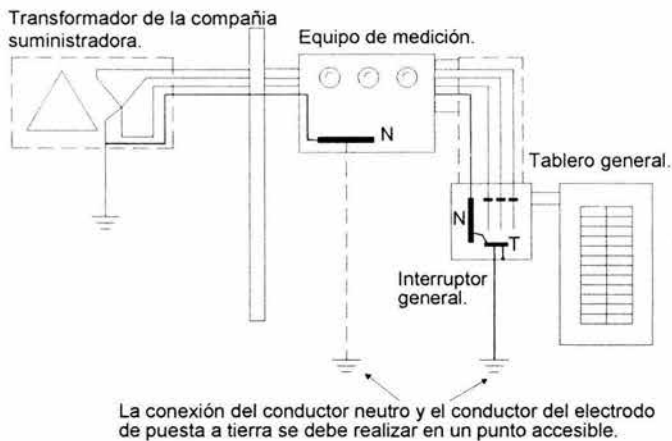


Figura 250-23(a)

En la figura 250-23(a) tenemos la puesta a tierra de los sistemas de corriente alterna alimentados por una acometida

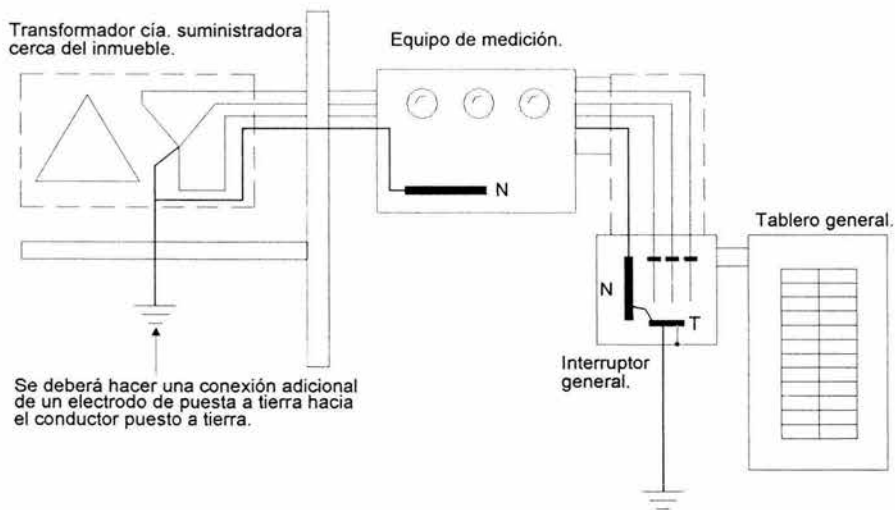


Figura 250-23(b)

En la figura 250-23(b) se muestra la puesta a tierra de los sistemas de corriente alterna alimentados por una acometida.

NOTA: Véase 230-21

- Excepción 1:** Un conductor para electrodo de puesta a tierra se debe conectar al conductor puesto a tierra de un sistema derivado separadamente según, lo establecido en 250-26(b).
- Excepción 2:** Se debe hacer una conexión a un conductor de puesta a tierra en cada edificio independiente cuando lo requiera la Sección 250-24.
- Excepción 3:** En las estufas, estufas montadas en barras, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y equipo de medición, según lo permite 250-61.
- Excepción 4:** En las acometidas con doble conexión a la red (doble terminación) en un envolvente común o agrupadas en envolventes distintos con una conexión al secundario, se permite una sola conexión al electrodo de puesta a tierra del punto de conexión de los conductores puestos a tierra de cada fuente de alimentación.
- Excepción 5:** Cuando el puente de unión principal descrito en 250-53(b) y 250-79 sea un cable o una barra instalado (a) desde la barra o conexión del neutro a la terminal de tierra del equipo de la acometida, se permite que el electrodo de puesta a tierra se conecte a la terminal de tierra del equipo al que vaya conectado el puente de unión principal.
- Excepción 6:** Lo que se establece en 250-27 para conexiones a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

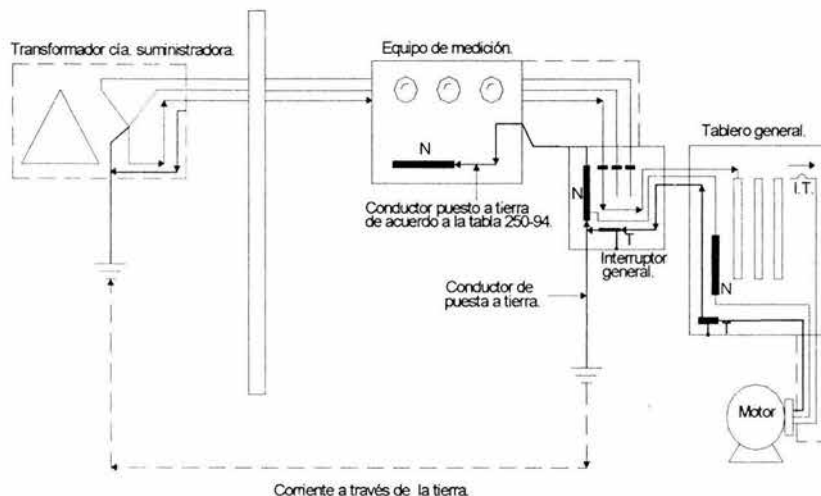


Figura 250-23(c)

En la figura 250-23(c) se observa el comportamiento de la corriente de corto circuito durante una falla y el conductor puesto a tierra de la acometida.

b) Conductor puesto a tierra conectado al equipo de la acometida. Cuando un sistema de c.a. de menos de 1000 V se conecte a tierra en cualquier punto, el conductor puesto a tierra se debe llevar hasta cada medio de desconexión de acometida y conectarlo al envolvente de cada uno de ellos. Este conductor se debe llevar junto con los conductores de fase y no debe ser inferior al conductor de puesta a tierra requerido en la Tabla 250-94 y, además, para los conductores de fase de acometidas de más de 1100 kcmils (cobre) o 1750 kcmils (aluminio), el tamaño nominal del conductor puesto a tierra no debe ser inferior a 12,5% del tamaño nominal mayor de los conductores de fase de las acometidas. Cuando los conductores de fase de entrada a la acometida vayan en paralelo, el tamaño nominal del conductor puesto a tierra se debe calcular sobre la base de una sección transversal equivalente para conductores en paralelo, como se indica en esta Sección.

NOTA: Para la puesta a tierra de conductores conectados en paralelo, véase 310-4.

- Excepción 1:** No se exige que el conductor puesto a tierra sea de mayor área de sección transversal que el del mayor conductor de fase de entrada a la acometida que no vaya puesto a tierra.
- Excepción 2:** Lo que establece la Sección 250-27 para conexiones a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.
- Excepción 3:** Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto aprobado y listado como equipo de acometida, debe llevarse un conductor puesto a tierra hasta ese conjunto y conectarse al envolvente del equipo.

250-24. Suministro de energía desde la misma acometida a dos o más edificios o estructuras

a) Sistemas puestos a tierra. Cuando se suministre energía desde la misma acometida de c.a. a dos o más edificios o estructuras, el sistema puesto a tierra en cada edificio o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra como se describe en la Parte H, conectado al envolvente metálico del medio de desconexión del edificio, y al conductor puesto a tierra de la instalación de c.a., a la entrada del medio de desconexión del edificio. Cuando el conductor de puesta a tierra del equipo, descrito en 250-91(b), no vaya junto con los conductores del circuito de suministro, el tamaño nominal del conductor puesto a tierra de la instalación de c.a. a la entrada del medio de desconexión, no debe ser inferior al tamaño nominal especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de equipo.

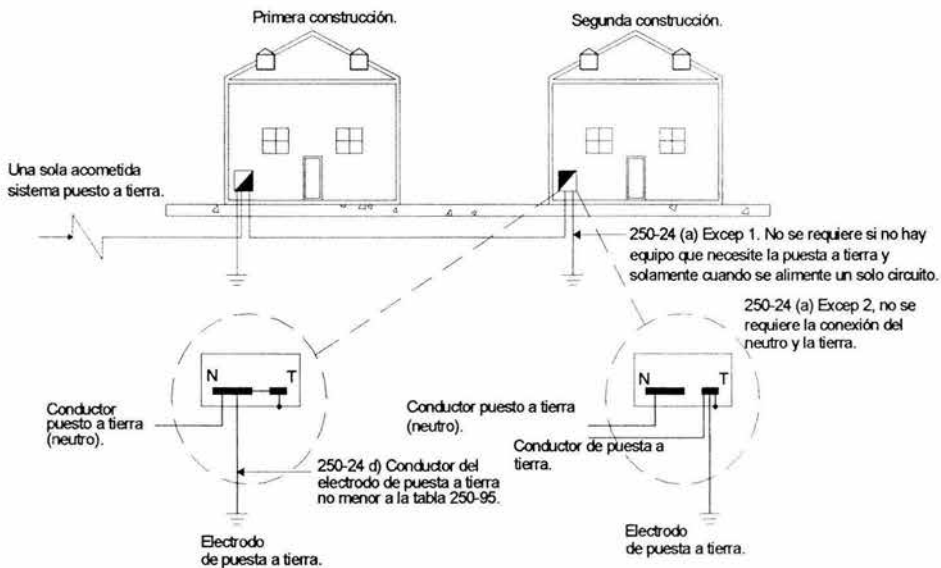


Figura 250-24(a)

En la figura 250-24(a) se observan dos o más inmuebles o estructuras alimentados por una acometida común, sistemas puestos a tierra.

Excepción 1: No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera ser puesto a tierra.

Si una edificación es alimentada por un circuito derivado con un conductor de puesta a tierra de equipos no se requiere restablecer un sistema de electrodo de puesta a tierra o conectarlo a uno si existe.

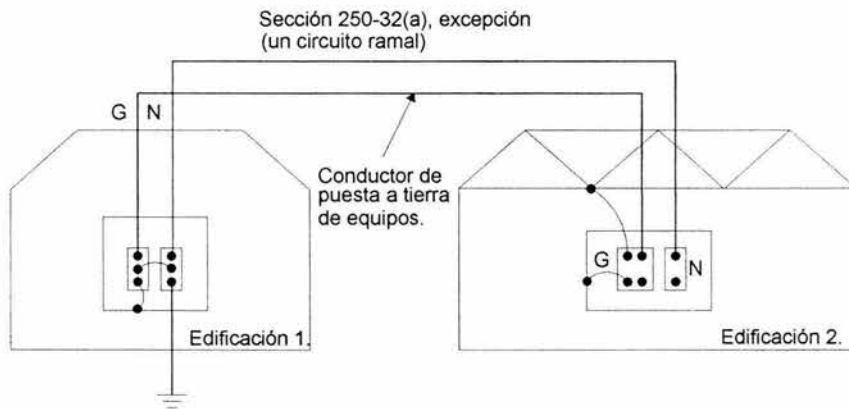


Figura 250-24(b)

Figura 250-24(b) instalación en donde no se requiere conexión desde el gabinete del medio de desconexión de la edificación al electrodo, ya que existe un conductor de puesta a tierra de equipos de conductores del circuito.

Excepción 2: No será necesario conectar el conductor puesto a tierra de un circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente, si se tiende un conductor de puesta a tierra de equipo junto con los conductores del circuito para poner a tierra cualquier equipo metálico no energizado normalmente, sistemas interiores de tubería metálica y estructuras metálicas del edificio, y si el conductor de puesta a tierra del equipo va conectado al electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de otro edificio o estructura, como se describe en la Parte H. Si no hay electrodos y el edificio o estructura recibe el suministro de más de un circuito derivado, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H. En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que va subterránea hasta el medio de desconexión debe ser de cobre aislado o forrado.

NOTA: En cuanto a los requisitos especiales para puesta a tierra de edificios agrícolas, véase la Excepción de 547-8(a)

b) Sistemas no-puestos a tierra. Cuando dos o más inmuebles o estructuras estén alimentados por un sistema no-puesto a tierra desde un solo equipo de acometida, cada inmueble o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra, como se especifica en la Parte H, conectado a la envolvente metálica de los medios de desconexión del inmueble o estructura.

Excepción 1: No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera ser puesto a tierra.

Excepción 2: No se requiere electrodo de puesta tierra ni conexión del electrodo de puesta a tierra a la envolvente metálica del medio de desconexión del edificio o estructura, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

a. Se instale un conductor de puesta a tierra de equipo con los conductores del circuito hasta el medio de desconexión del edificio o estructura para poner a tierra cualquier equipo metálico no destinado a la conducción de corriente, sistemas de tuberías metálicas interiores y estructuras metálicas del edificio.

b. No existan electrodos de puesta a tierra como se describen en la Parte H.

c. El edificio o estructura reciba energía sólo de un circuito derivado.

d. En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

NOTA: Véase la Excepción de 547-8(a), para los requisitos especiales de puesta a tierra en edificios agrícolas.

c) Medios de desconexión situados en diversos sistemas de alambrado de usuarios. Cuando haya uno o más medios de desconexión que suministren energía a uno o más edificios o estructuras bajo la misma administración y esos medios de desconexión estén situados fuera de esos edificios o estructuras según lo establecido en 225-8(b), Excepciones 1 y 2, se deben cumplir las siguientes condiciones:

1) No se debe realizar la conexión del conductor puesto a tierra del circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente.

2) Se debe tender un conductor de puesta a tierra para equipo metálico no energizado normalmente, para sistemas interiores de tubería metálica y para estructuras metálicas de edificios, junto con los conductores del circuito hasta un edificio o estructura independiente y para conectar a los electrodos de puesta a tierra existentes descritos en la Parte H o, si no existieran esos electrodos, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H, cuando se suministre energía desde un edificio o estructura independiente a más de un circuito derivado.

3) La conexión del conductor de puesta a tierra del equipo al conductor del electrodo de puesta a tierra a un edificio o estructura independiente, se debe hacer en una caja de conexión, panel de alambrado y control o elemento similar situado inmediatamente dentro o fuera del otro edificio o estructura.

En la figura 250-24(c) ilustra una instalación en donde el interruptor de la edificación N°2 esta localizado en la edificación N°1. las reglas son aplicables a edificaciones o estructuras separadas que no tienen interruptor, como lo permite la excepción N°1 de la sección 225-8. los conductores de alimentación deben de terminar en un panel de distribución, caja de empalme o gabinetes que este localizado inmediatamente dentro o fuera de la edificación.

Obsérvese que un conductor de puesta a tierra de equipos debe estar tendido con los conductores del alimentador, el conductor puesto a tierra (neutro) no esta conectado equipotencialmente al gabinete o a la barra conductora de puesta a tierra de equipos está conectada a un sistema de electrodo de puesta a tierra nuevo o ya existente en la segunda edificación.

Todas las parte metálicas no portadoras de corriente del equipo, acero de la edificación y sistemas de tubería metálica deben estar conectado al sistema del electrodo de puesta a tierra.

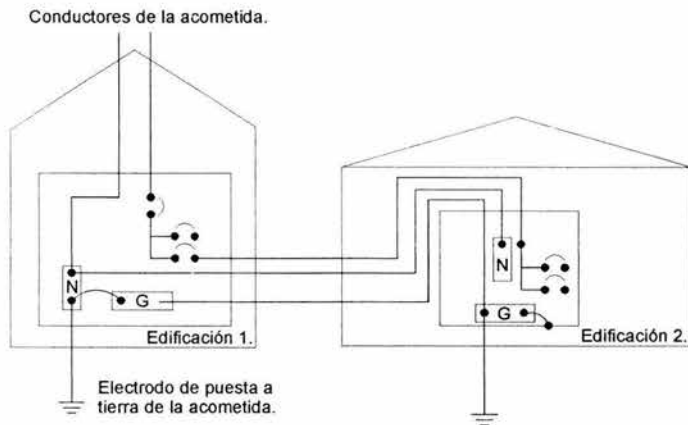


Figura 250-24(c)

Figura 250-24(c) requisitos de puesta a tierra y de conexión equipotencial para un a edificación separada bajo una sola administración con el interruptor ubicado fuera del edificio.

Excepción 1: No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito derivado y en el edificio o estructura no haya equipo que requiera ser puesto a tierra.

Excepción 2: En establos, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

d) Conductor de puesta a tierra. El tamaño nominal del conductor de puesta a tierra hasta el electrodo o electrodos de puesta a tierra, no debe ser inferior a lo indicado en la Tabla 250-95 y su instalación debe cumplir con lo establecido en 250-92(a) y (b).

Esta sección reconoce la diferencia entre un conductor del electrodo de puesta a tierra dimensionado de acuerdo a la tabla 250-94 y un conductor de puesta a tierra de equipos conectado a un electrodo de puesta a tierra, dimensionado con la tabla 250-95. El conductor de puesta a tierra de equipos se debe dimensionar con base en la capacidad nominal del dispositivo de protección sobrecorriente que protege el alimentador de la edificación. Si el calibre del conductor del alimentador se aumenta para considerar la caída de tensión se debe aumentar proporcionalmente el conductor de puesta a tierra de equipos tendido con el alimentador.

Excepción 1: No se exige que el conductor de puesta a tierra tenga un tamaño nominal mayor que el mayor de los conductores no-puestos a tierra del suministro.

Excepción 2: Cuando se conecte a electrodos, como se indica en 250-83(c) o (d), no se exige que la parte del conductor de puesta a tierra que constituya la única conexión entre el electrodo o electrodos y el conductor de puesta a tierra o puesto a tierra o la envolvente metálica del medio de desconexión del edificio, sea de mayor tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) en cobre o que 21,15 mm² (4 AWG) en aluminio.

250-25. Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de c.a. En sistemas de c.a. en sistemas de alambrado de usuarios, el conductor que se debe poner a tierra es el que se especifica a continuación:

La sección 250-25 trabaja conjuntamente con la sección 250-5(b), que identifica los sistemas de c.a. que se requiere poner a tierra. La sección 250-25 identifica que conductores de los sistemas de la sección 250-5(b) se deben poner a tierra.

- 1) Sistemas monofásicos de dos conductores: un conductor.
- 2) Sistemas monofásicos de tres conductores: el neutro.
- 3) Sistemas de varias fases con un común a todas las fases: el conductor común.
- 4) Sistemas de varias fases en las que se deba poner a tierra una fase: el conductor de una fase.
- 5) Sistemas de varias fases en las que una fase se utilice como la (2) anterior: el neutro.

Los conductores puestos a tierra deben identificarse como se especifica en el Artículo 200

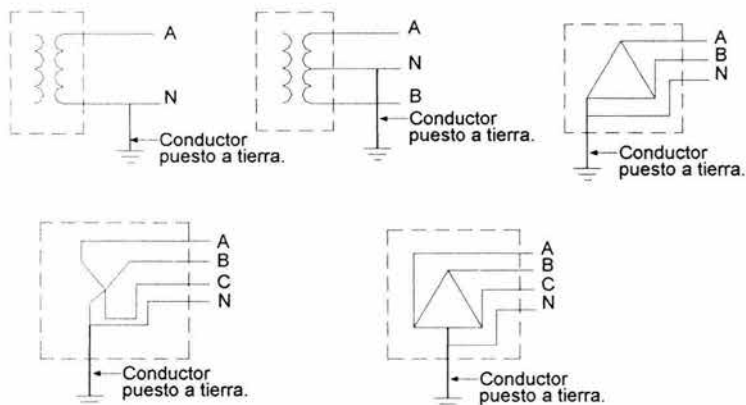


Figura 250-25

La figura 250-25 muestra el conductor que se debe poner a tierra en sistemas de corriente alterna

250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. Una instalación de c.a. derivada separadamente que deba ser puesta a tierra, debe hacerse según se especifica a continuación:

La sección 250-26 proporciona los requisitos para la conexión equipotencial y puesta a tierra de los sistemas derivados separadamente descritos en la sección 250-5(d).

Un sistema derivado separadamente es un sistema de alambrado de predios derivado de una batería, un sistema solar fotovoltaico o de un generador, transformador o de los devanados de un convertidor, y que no tiene ninguna conexión eléctrica directa, incluido un conductor de circuito puesto a tierra conectado sólidamente, para alimentar conductores que se originan en otro sistema.

Los requisitos para la sección 250-26 son mas comúnmente aplicados a los transformadores de 480Y/227V que transforman alimentación de 480V a un sistema de 208Y/120 para cargas de alumbrado y de artefactos. Estos requisitos prevén una trayectoria de baja impedancia a tierra, de manera que las fallas de línea a tierra en circuitos alimentados por el transformador dan como resultado suficiente flujo de corriente para operar los

dispositivos de sobrecorriente. Estos requisitos también se aplican a generadores o sistemas derivados de devanados de convertidores, aun que estos sistemas no tienen el mismo uso amplio que los sistemas derivados independientes que son derivados de transformadores.

a) Puente de unión. Se debe instalar un puente de unión, de tamaño nominal que cumpla lo establecido en 250-79 (d) para los conductores de fase derivados para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo del sistema derivado al conductor puesto a tierra. Excepto como se permite en las Excepciones 4 o 5 de 250-23(a), esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

Cuando un sistema derivado separadamente proporciona un conductor puesto a tierra se debe instalar un puente de unión para conectar los conductores de puesta a tierra de quipos al conductor puesto a tierra; y están conectados al sistema del electrodo de puesta a tierra por el conductor de puesta a tierra.

El puente de conexión es dimensionado de acuerdo a la sección 250-79(d) y se puede ubicar en cualquier punto de los terminales de la fuente (transformador, generador, etc.) y el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

Excepción 1: El tamaño nominal del puente de unión de un sistema que suministre energía a un circuito de Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y que se derive de un transformador de no-más de 1000 VA nominal, no debe ser inferior al de los conductores de la fase derivada y en ningún caso inferior a 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción 2: Lo establecido en 250-27, 250-153 y 250-5(b), Excepción 5 para los requisitos de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

Esta sección exige que el puente de unión no sea de menor calibre que los presentados en la tabla 250-94, es decir, no inferior al N°8 de cobre. Esta sección permite un puente de unión para un circuito clase 1, clase 2 o clase 3 no inferior al N°14 de cobre, o al N°12 de aluminio

b) Conductor al electrodo de puesta a tierra. Se debe emplear un conductor de tamaño nominal acorde con lo establecido en 250-94 para conectar el conductor puesto a tierra del sistema derivado con el electrodo de puesta a tierra, como se especifica a continuación en (c), para los conductores de fase del sistema derivado. Excepto lo que se permita en 250-23(a), Excepción 4, esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

Cuando se requiere que un sistema derivado separadamente este puesto a tierra, se permite que el conductor que se va a poner a tierra este conectado al sistema del electrodo de puesta a tierra, en cualquier lugar entre los terminales de la fuente (transformador, generador, etc.) y el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente. La NOM exige que la ubicación de la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra al conductor puesto a tierra sea en el mismo punto en el cual el puente de unión esta conectado al conductor puesto a tierra. Al establecer un punto común de conexión, la corriente normal del neutro será portada únicamente en el conductor de puesta a tierra del sistema y en canalizaciones metálicas. Los sistemas de tuberías y acero estructural no suministran un circuito paralelo. Las figuras 250-26a y 250-26b ilustran ejemplos de conexiones de electrodos de puesta a tierra para sistemas derivados separadamente.

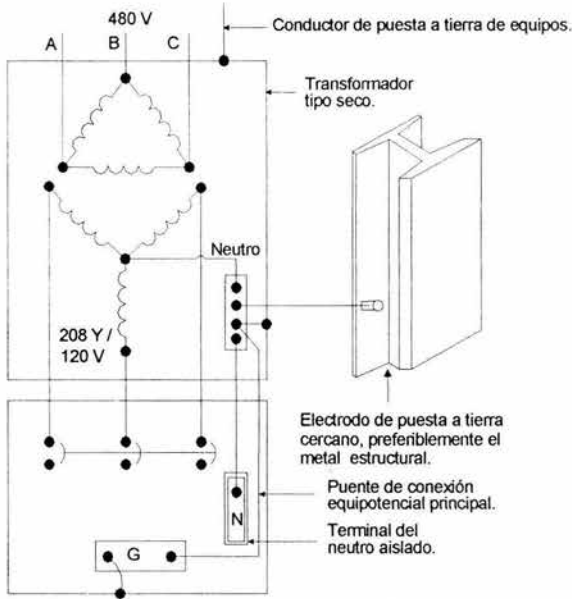


Figura 250-26(a)

La figura 250-26(a) se refiere al montaje de puesta a tierra para un sistema derivado separadamente, en donde la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra se hace en el transformador.

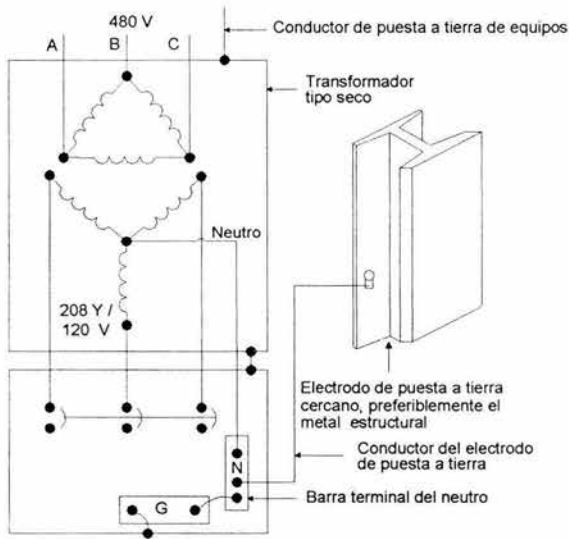


Figura 250-26(b)

La figura 250-26(b) se refiere al montaje de puesta a tierra para un sistema derivado separadamente, en donde la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra se hace en el primer interruptor.

Excepción 1: No es necesario un conductor hasta el electrodo de puesta a tierra en un sistema que suministre energía a circuitos de la Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y se derive de un transformador de no-más de 1000 VA nominales, siempre que el conductor puesto a tierra del sistema se conecte a la estructura o al envolvente del transformador por medio de un puente de unión de tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en 250-26, Excepción 1 para el anterior caso (a), y la estructura o el envolvente del transformador estén conectadas a tierra por cualquiera de los medios especificados en 250-57.

Excepción 2: Lo establecido en 250-27, 250-153 y 250-5(b), Excepción 5, para los requisitos de puesta a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

c) Electrodo de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra debe ser lo más accesible posible y estar preferiblemente en la misma zona que la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra al sistema. Cuando no se disponga de los electrodos especificados en los anteriores incisos (1) o (2), el electrodo de puesta a tierra debe ser (1) el elemento metálico de la estructura o edificio más cercano puesto a tierra eficazmente o (2) la tubería metálica de agua puesta a tierra eficazmente que esté más cerca o (3) los electrodos especificados en 250-81 y 250-83.

NOTA: Para las conexiones de los sistemas derivados independientes, véase 250-80(a).

d) Métodos de puesta a tierra. En todos los demás aspectos, los métodos de puesta a tierra deben cumplir los requisitos establecidos en otras partes de esta NOM.

Las figuras 250-26a y 250-26b son diagramas de alambrados típicos para transformadores tipo seco alimentados por un alimentador trifásico de 480 V, para obtener un secundario de 208Y/277V. Como ya se indicó en la sección 250-26(a), se requiere que la conexión del puente de conexión equipotencial esté dimensionada de acuerdo con la sección 250-26(b). En la figura 250-26a, esta conexión se hace en la fuente del sistema derivado independientemente, en el encerramiento del transformador. En la figura 250-26b, la conexión del puente de conexión equipotencial se hace en el disyuntor. Con el conductor del electrodo de puesta a tierra, el puente de conexión equipotencial y la conexión equipotencial al del conductor del circuito puesto a tierra (neutro) como se ilustran, las corrientes de falla en la línea de tierra tienen capacidad de regresar a la fuente de alimentación en vez de pasar a través de una trayectoria lugar de alta impedancia. Se brinda una trayectoria de impedancia más baja que facilita la operación de dispositivos de sobrecorriente. El conductor del electrodo de puesta a tierra desde el conductor del circuito puesto a tierra del secundario está de acuerdo con la sección 250-94.

250-27. Conexiones de un sistema con neutro puesto a tierra a través de una impedancia. Los sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia, tal como se permite en la Excepción 5 de 250-5(b), deben cumplir las siguientes condiciones:

La sección 250-27 comprende los sistemas con neutro puesto a tierra de alta impedancia de 50 a 1000V. Los sistemas con capacidad nominal sobre 1000V se tratan en la sección 250-153. Para información sobre las diferencias entre los sistemas puestos a tierra sólidamente y los sistemas con neutro puesto a tierra de alta impedancia, Como se ilustra el diagrama esquemático de la figura 250-27, un sistema con neutro puesto a tierra con alta impedancia se diseña para minimizar la cantidad de corriente de falla que puede fluir durante una falla a tierra. La impedancia de puesta a tierra se selecciona habitualmente para limitar la corriente de falla a un valor que sea ligeramente superior o igual a la corriente de descarga capacitiva, este sistema se usa en donde se requiere continuidad de potencia; por lo tanto, una falla a tierra, da como resultado una condición de alarma en vez de un disparo de un interruptor automático, esto permite una interrupción segura y metódica.

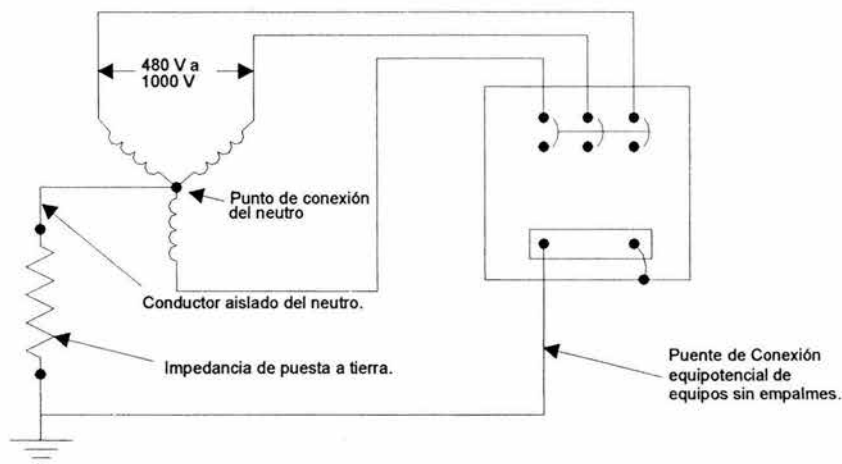


Figura 250-27

En la figura 250-27 se ilustra el diagrama esquemático de un sistema con neutro puesto a tierra con alta impedancia

a) Ubicación de la impedancia de puesta a tierra. La impedancia de puesta a tierra debe instalarse entre el conductor del electrodo (o sistema de electrodos) de puesta a tierra y el neutro del sistema. Cuando no haya neutro disponible, la impedancia de puesta a tierra se debe instalar entre el conductor del electrodo (o sistema de electrodos) de puesta a tierra y el neutro derivado de un transformador de puesta a tierra.

b) Conductor neutro. El conductor procedente del punto neutro de un transformador o de un generador hasta su punto de conexión con la impedancia de puesta a tierra, debe estar completamente aislado. El conductor neutro debe tener una capacidad de conducción de corriente no inferior a la corriente eléctrica máxima nominal de la impedancia de puesta a tierra. En ningún caso el conductor neutro debe ser inferior a 8,37 mm² (8 AWG) en cobre o a 13,3 mm² (6 AWG) en aluminio.

La corriente a través del conductor del neutro esta limitada por la impedancia de puesta a tierra. Por lo tanto, no se requiere que el conductor del neutro este dimensionado para portar una corriente de falla alta. El conductor del neutro no puede ser inferior al N°8, de cobre, o al N°6, de aluminio.

c) Conexión del neutro del sistema. El neutro del sistema no se debe poner a tierra excepto a través de la impedancia de puesta a tierra.

NOTA: La impedancia se elige normalmente para que limite la intensidad de una corriente Eléctrica de falla a tierra, a un valor igual o ligeramente superior a la carga capacitiva del sistema. Ese valor de impedancia debe limitar también las sobretensiones transitorias a valores seguros.

Se puede encontrar información adicional en "Charging Current Data for Guesswork-free Design of high-Resistance Grounded System", de D.S. Baker, IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. IA-15, N°2, Marzo /Abril 1979; y High-Resistance Grounding", de Baldwin Brigger, Jr., IEEE Transaction on industry Applications, Vol.IA-19, N°1, Enero/Febrero 1983.

d) Trayectoria del conductor neutro. Se permite instalar el conductor que conecta el punto neutro de un transformador o de un generador a una impedancia de puesta a tierra en una canalización independiente.

No es necesario que este conductor se instale junto a los conductores de fase hasta el primer medio de desconexión o dispositivo contra sobrecorriente del sistema.

e) Puente de unión del equipo. El puente de unión del equipo (la conexión entre los conductores de puesta a tierra del equipo y la impedancia de puesta a tierra) debe ser un conductor sin empalmes que corra desde el primer medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente del sistema hasta el lado puesto a tierra de la impedancia de puesta a tierra.

f) Ubicación del conductor al electrodo de puesta a tierra. El conductor al electrodo de puesta a tierra se debe conectar en cualquier punto a partir del lado puesto a tierra de la impedancia de tierra a la conexión de puesta a tierra del equipo en la acometida o en el primer medio de desconexión del sistema.

CAPITULO 5. PUESTA A TIERRA DE ENVOLVENTES Y CANALIZACIONES

250-32. Envolvertes y canalizaciones de la acometida. Se deben poner a tierra los envolventes y canalizaciones metálicos de los conductores y el equipo de la acometida.

Excepción: Un codo metálico instalado en una instalación subterránea de tubo (conduit) rígido no-metálico que esté aislado de posibles contactos con cualquier parte del codo por una cubierta de 457 mm, mínimo.

La excepción 250-32 reconoce que con frecuencia se instalan codos metálicos redondeados en instalaciones subterráneas de conduit rígido no metálico. Se instalan codos metálicos por que los codos no metálicos pueden sufrir daños por causa de la fricción de las cuerdas de arrastre durante la instalación del conductor. Los codos están separados del contacto físico mediante enterramiento, de manera que mediante que de una parte del codo esta a menos de 457 mm por debajo del suelo.

NEC - 1999 250 – 84 Cable o conduit de acometida subterránea.

(a) Cable de acometida subterránea. No se exigirá que el forro blindaje de un sistema de cable de acometida subterránea con forro de metal continuo que estén conectados metálicamente al sistema subterráneo, estén puestos a tierra en la edificación. Se permitirá que la envoltura o blindaje estén aislados del conduit o tubería interior.

(b) Conduit de acometida subterránea que contiene cable. No se exigirá que un conduit de acometida subterránea que contiene un cable con envoltura de metal conectado equipotencialmente al sistema subterráneo, este puesto a tierra en edificación. Se permitirá que el forro o blindaje estén aislados del conduit o tubería interior.

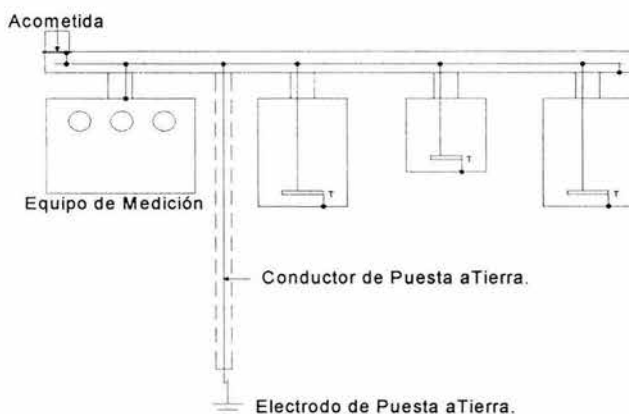


Figura 250-32

En la figura 250-32 se muestra la puesta a tierra de gabinetes, canalizaciones y ductos de acometida

250-33. Envoltentes y canalizaciones para otros conductores. Se deben poner a tierra los envoltentes y canalizaciones metálicos para los conductores que no son de la acometida.

La sección 250-33 exige la puesta a tierra, la conexión equipotencial y el aseguramiento de la continuidad eléctrica de todos los envoltentes y canalizaciones metálicas. Los conectores, a coples u otros herrajes similares que realizan funciones mecánicas y eléctricas deben asegurar la continuidad de la puesta a tierra y de la conexión equipotencial entre el herraje, la canalización metálica y la envolvente. Se requiere que las envoltentes metálicas estén puestas a tierra, de manera que cuando ocurra una falla entre un conductor no puesto a tierra (vivo) y la tierra, se minimizara la diferencia de potencial entre las partes no portadoras de corriente de la instalación eléctrica, reduciendo con ello el riesgo de choque eléctrico para el personal.

Excepción 1: No es necesario poner a tierra las canalizaciones y las cubiertas metálicas de conductores que se añaden a instalaciones existentes de línea abierta, y los cables de cubierta no-metálica que no constituyen toma de tierra del equipo, si no tienen más de 8 m, si están libres de posibles contactos con tierra, metales puestas a tierra, rejillas metálicas u otro material conductor y protegidos contra el contacto de las personas.

Excepción 2: No es necesario poner a tierra las partes cortas de canalizaciones o cubiertas metálicas utilizadas como soporte o protección de cables contra daños físicos.

Excepción 3: No es necesario poner a tierra los envoltentes cuando no se exija en 250-43(i).

Excepción 4: Un codo metálico instalado en una instalación subterránea de tubo (conduit) rígido no-metálico que esté aislado de posibles contactos con cualquier parte del codo por una separación mínima de 45 cm.

CAPITULO 6. PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS.

250-42. Equipo fijo o conectados de forma permanente. Las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo fijo que no estén destinadas a transportar corriente, deben ponerse a tierra si se presenta cualquiera de las circunstancias mencionadas en los siguientes incisos:

a) **Distancias horizontales y verticales.** Si están a menos de 2,5 m en vertical o de 1,50 m en horizontal de tierra u objetos metálicos puestos a tierra y que puedan entrar en contacto con personas.

b) **Lugares mojados o húmedos.** Cuando estén instaladas en lugares mojados o húmedos y no estén aisladas.

c) **Contacto eléctrico.** Cuando estén en contacto eléctrico con metales.

d) **Locales peligrosos (clasificados).** Cuando estén en un local peligroso (clasificado) de los cubiertos en los Artículos 500 a 517.

e) **Método de alambrado.** Cuando estén alimentados por medio de cables con forro metálico, recubiertos de metal, en canalizaciones metálicas u otro método de instalación que pueda servir de puesta a tierra del equipo, excepto lo que se permita en 250-33 para tramos cortos de envolventes metálicos.

f) **De más de 150 V a tierra.** Cuando el equipo funcione con cualquier terminal a más de 150 V a tierra.



Figura 250-42

En la figura 250-42 se muestran las distancias mínimas verticales y horizontales de la ubicación de los equipos eléctricos de tierra u objetos metálicos.

- Excepción 1:** Las cubiertas de desconectores o interruptores automáticos de circuitos que se utilicen para medios que no sean de equipo de acometida y sólo sean accesibles a personal calificado.
- Excepción 2:** Carcasas metálicas de aparatos eléctricos de calefacción exentas por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.
- Excepción 3:** Equipo de distribución, como por ejemplo tanques de transformadores y de capacitores, montados en postes de madera y a una altura superior a 2,5 m sobre el nivel del suelo.
- Excepción 4:** No es necesario poner a tierra equipo aprobado y listado como protegido por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

250-43. Equipo fijo o conectado de forma permanente. Se deben poner a tierra, independientemente de su tensión eléctrica nominal, las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo descrito a continuación ((a) a (j)), y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica del equipo y de envolventes descritas en (k) y (l):

a) Armazones y estructuras de tableros de distribución. Los armazones y estructuras de tableros de distribución en los que esté instalado equipo de interrupción.

Excepción: Los armazones de tableros de distribución de c.c. a dos conductores que estén eficazmente aislados de tierra.

b) Órganos de tubos. Las estructuras y carcasas de motores y generadores de órganos de tubos que funcionen con motor eléctrico.

Excepción: Cuando el generador esté eficazmente aislado de tierra y de su motor.

c) Armazones de motores. Las armazones de motores, como se establece en la sección 430-12.

d) Cubiertas de los controladores de motores. Las cubiertas de los controladores de motores.

Excepción 1: Envolventes conectados a equipo portátil no-puesto a tierra.

Excepción 2: Las tapas continuas de interruptores de acción rápida.

e) Grúas y elevadores. Equipo eléctrico de grúas y elevadores.

f) Estacionamientos públicos, teatros y estudios cinematográficos. El equipo eléctrico de los estacionamientos públicos, teatros y estudios cinematográficos.

g) Anuncios luminosos. Los anuncios luminosos, alumbrado de realce y equipo asociado, como establece el Artículo 600.

h) Equipo de proyección de películas. El equipo de proyección de películas.

i) Circuitos de control remoto, señalización y alarma contra incendios de energía limitada. El equipo alimentado por circuitos de energía limitada de Clase 1 y los de control remoto y señalización de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 y los circuitos de alarma contra incendios, se deben poner a tierra cuando así lo exija la Parte B de este Artículo.

Si un circuito de alarma contra incendio opera a cualquier tensión de sistema que el artículo 250, parte B, exige poner a tierra, entonces se exige poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente del equipo, mediante un conductor de puesta a tierra de equipos, de acuerdo a la parte E del artículo 250

j) Luminarias. Las luminarias, tal como se establece en la Parte E del Artículo 410.

k) Bombas de agua operadas por motor. Las bombas de agua operadas por motor, incluso las de tipo sumergible.

El requisito de la sección 250-43 (k) esta previsto para reducir tensiones parásitas y minimizar el peligro de choque eléctrico durante el mantenimiento, cuando la bomba es sacada del revestimiento de los pozos y puede ser ensayada en un barril de agua.

l) Ademes metálicos de pozos. Cuando se use una bomba sumergible con ademe metálico dentro de un pozo, el ademe se debe conectar al conductor de puesta a tierra del circuito de la bomba.

La sección 250-43 (l) esta prevista para evitar un peligro de choque eléctrico que puede existir, debido a una diferencia de potencial entre la bomba que esta puesta a tierra del sistema y el revestimiento metálico del pozo.

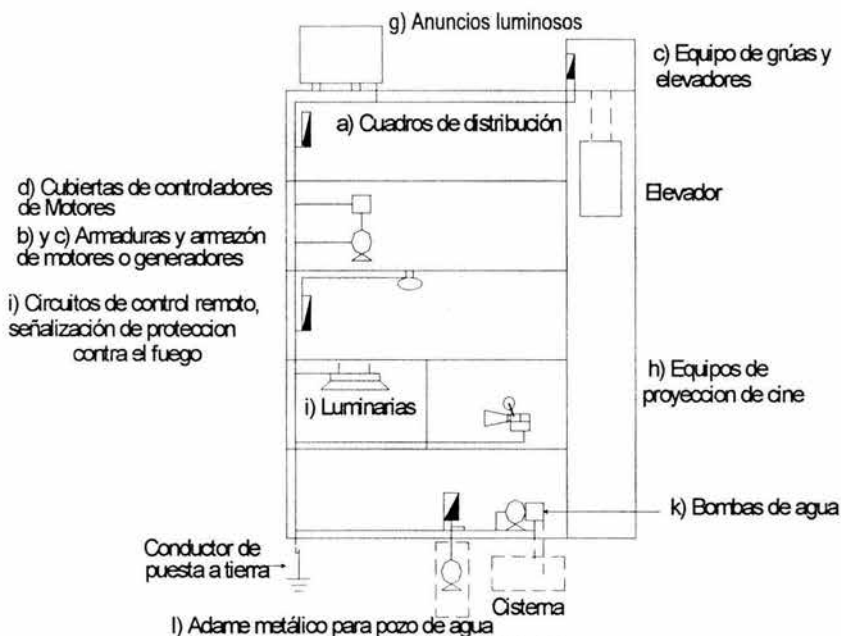


Figura 250-43

En la figura 250-43 se muestra la puesta a tierra de equipos fijos conectados por métodos de cableado permanente cualquiera que sea la tensión de suministro.

250-44. Equipo no-eléctrico. Se deben poner a tierra las partes metálicas del equipo no-eléctrico descrito en los siguientes incisos:

a) Grúas y elevadores. Las estructuras y rieles metálicos de las grúas y de elevadores.

b) Cabinas de elevadores. Estructuras de cabinas de elevadores no-eléctricos a las que vayan conectados conductores eléctricos.

c) Elevadores eléctricos. Los cables metálicos manuales de elevación de elevadores eléctricos.

d) Separaciones metálicas. Las separaciones metálicas, rejillas y otros elementos metálicos similares alrededor de equipo de 1 cha y más entre los conductores, excepto en subestaciones o bóvedas que sean únicamente accesibles a la compañía suministradora.

e) Casas móviles y vehículos recreativos. Las casas móviles y los vehículos recreativos, como se establece en los Artículos 550 y 551.

NOTA: Cuando haya partes metálicas en edificios que puedan quedar electrificadas y entrar en contacto con las personas, una adecuada conexión y puesta a tierra ofrecerán protección adicional.

Debido a que las chapas metálicas para paredes en edificaciones no son equipo eléctrico, se encuentran fuera del alcance de esta norma y la norma no puede exigir que sean de puesta a tierra.

Con bastante frecuencia se instalan accesorios de alumbrado, avisos o toma corriente en edificaciones con chapas metálicas de pared que podrían energizarse y que están expuestas al contacto con las personas. Por lo tanto, la puesta a tierra de las chapas metálicas para paredes reduce el riesgo de choque eléctrico para el personal.

Véase el Artículo 547 relativo a las reglas adicionales sobre puesta a tierra y conexión equipotencial de edificaciones agrícolas.

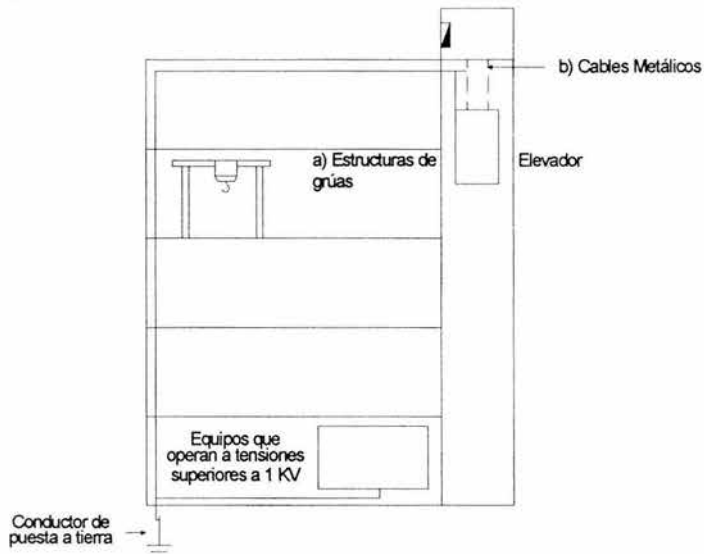


Figura 250-44

En la figura 250-44 se muestra la puesta a tierra de equipos no eléctricos

250-45. Equipo conectado con cordón y clavija. En cualquiera de las condiciones descritas abajo, se deben poner a tierra las partes metálicas no-conductoras de corriente eléctrica y expuestas de equipo conectado por cordón y clavija, las cuales pudieran energizarse:

- a) En lugares peligrosos (clasificados). En los lugares peligrosos (clasificados) (véase los Artículos 500 a 517).
- b) De más de 150 V a tierra. Cuando funcionen a más de 150 V a tierra.

Excepción 1: Los motores, cuando estén protegidos.

Excepción 2: Las carcasas metálicas de aparatos eléctricos de calefacción, exentas por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.

Excepción 3: No es necesario poner a tierra equipo aprobado y listado como protegido por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

c) En construcciones residenciales. En las construcciones residenciales: (1) los refrigeradores, congeladores y aparatos eléctricos de aire acondicionado; (2) las lavadoras, secadoras, lavavajillas, eliminadores de residuos de cocina, bombas de sumideros y equipo eléctrico de acuarios; (3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor; (4) los aparatos eléctricos a motor de los siguientes tipos: limpiadoras de pisos que se basen en

agua, podadoras de césped, esparcidores de nieve y lavadores móviles; (5) los portalámparas portátiles.

Excepción: Las herramientas y aparatos eléctricos aprobados y listados como protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

d) En construcciones no-residenciales. En las construcciones no-residenciales: (1) los refrigeradores, congeladores y aparatos eléctricos de aire acondicionado; (2) las lavadoras, secadoras, lavavajillas, computadoras electrónicas y equipo de proceso de datos, bombas de sumideros y equipo eléctrico de acuarios; (3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor; (4) los aparatos eléctricos a motor de los siguientes tipos: podadoras, esparcidores de nieve y lavadores móviles; (5) los aparatos eléctricos conectados con cordón y clavija utilizados en locales húmedos o mojados por personas que permanecen de pie sobre el suelo o sobre suelos metálicos o que trabajan dentro de depósitos o calderas metálicas; (6) las herramientas que se puedan utilizar en lugares mojados o conductores y (7) los portalámparas portátiles.

Excepción 1: No es necesario que las herramientas y portalámparas portátiles que se puedan utilizar en lugares mojados o conductores se conecten a tierra cuando reciben energía a través de un transformador de aislamiento con el secundario no-puesto a tierra y de no más de 50 V.

Se requiere que las herramientas estén puestas a tierra mediante un conductor de puesta a tierra de equipos dentro del cordón o cable que alimenta la herramienta, excepto cuando la herramienta es alimentada por un transformador de aislamiento físico como le permite la excepción 1.

Se requiere que las herramientas y artefactos portátiles protegidos por un sistema aprobado de aislamiento doble, estén certificados por un laboratorio de ensayos eléctricos calificado como adecuado para ese propósito, y se requiere que el equipo este marcado en forma distintiva para identificar que tiene aislamiento doble.

Las herramientas portátiles o artefactos conectados por cordón no están previstos para uso de lugares húmedos, mojados o conductores, a menos que estén puestos a tierra, alimentados por un transformador de aislamiento físico con un secundario de no más de 50V., o protegidos por un sistema aprobado de aislamiento doble.

La figura muestra un ejemplo de equipo de alumbrado alimentado a través de un transformador de aislamiento físico que opera a 6 o 12V, que brinda iluminación segura para trabajos de calderas, tanque y lugares que pueden ser de metal o húmedos.

Excepción 2: Las herramientas manuales, herramientas a motor, herramientas fijas aprobadas a motor, herramientas industriales ligeras y aparatos eléctricos aprobados y listados como protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.

Herramientas manuales operadas a motor, herramientas fijas y estacionarias operadas a motor y, herramientas industriales livianas operadas a motor, todos ellos certificados, como que no requieren conexiones de puesta a tierra de equipos.

250-46. Separación de los conductores de los pararrayos. Las canalizaciones, envolventes, estructuras y otras partes metálicas de equipo eléctrico que no transporten normalmente corriente eléctrica, se deben mantener alejadas 1,8 m como mínimo de los conductores de bajada de las varillas pararrayos o deberán interconectarse cuando la distancia a los conductores sea inferior a 1,8 m

NOTA: Para el uso de las varillas de los pararrayos, véase 250-86. Véanse también separación de los conductores de los pararrayos, en 800-13 y 820-10(e)(3).

CAPÍTULO 7. METODOS DE PUESTA A TIERRA

250-50. Conexiones de los conductores de puesta a tierra de equipo. Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo en la fuente de suministro de los sistemas derivados independientes, se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 250-26(a). Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo de la acometida, se deben hacer según los siguientes incisos:

- a) **En sistemas puestos a tierra.** La conexión se debe hacer conectando el conductor de puesta a tierra de tierra de equipo, al conductor de la acometida puesto a tierra y al conductor del electrodo de puesta a tierra.

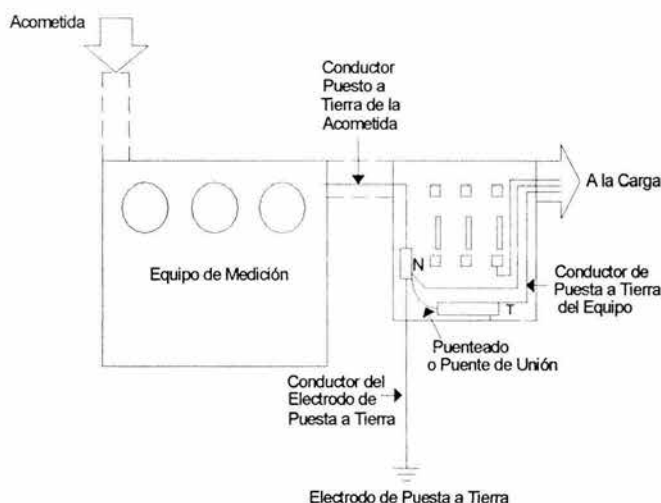


Figura 250-50(a1)

En la figura 250-50(a1) se muestra la conexión del conductor de puesta a tierra.

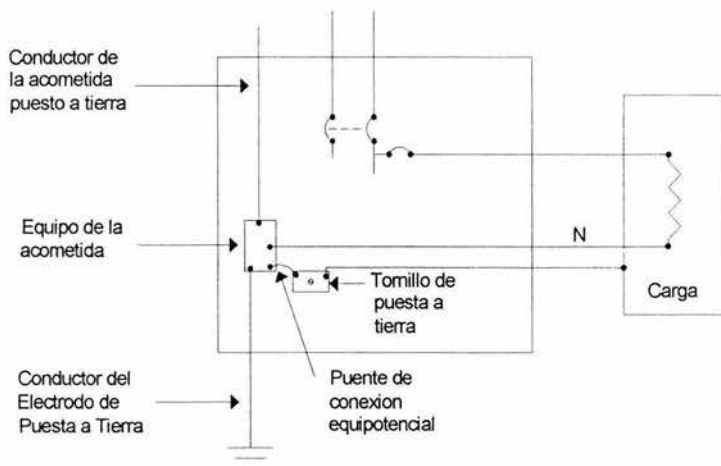


Figura 250-50(a2)

La figura 250-50(a2) se observa la puesta a tierra para sistemas puestos a tierra, de acuerdo con la sección 250-50(a2), que ilustra la conexión de la barra conductora de puesta a tierra de equipos a los gabinetes y al conductor de la acometida puesto a tierra

b) En sistemas no-puestos a tierra. La conexión se debe hacer conectando el conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor del electrodo de puesta a tierra.

Excepción (a) y (b): Para cambiar los receptáculos sin terminal de puesta a tierra por receptáculos con terminal de puesta a tierra y para ampliaciones de circuitos derivados sólo de instalaciones ya existentes que no tengan conductor de puesta a tierra de equipo en el circuito derivado, se permite que el conductor de puesta a tierra de los receptáculos con toma de tierra se conecte a un punto accesible de la instalación del electrodo de puesta a tierra, como se indica en 250-81 o a cualquier punto accesible del conductor del electrodo de puesta a tierra.

NOTA: Para el uso de receptáculos con interruptor de circuitos con protección por falla a tierra, véase 210-7(d).

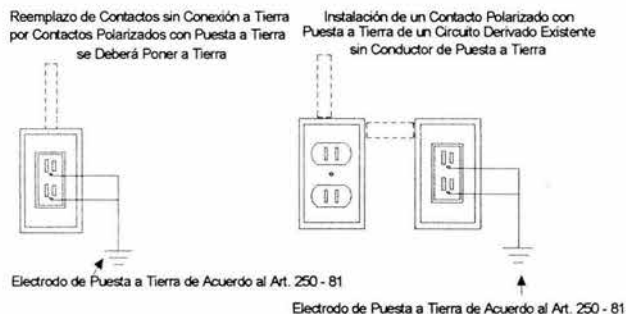


Figura 250-50(b).

La figura 250-50 (b) muestra la excepción (a) y (b), reemplazo e instalación de contactos con puesta a tierra en circuitos existente sin terminal de puesta a tierra.

250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra. La trayectoria a tierra desde los circuitos, equipo y cubiertas metálicas de conductores debe ser: (1) permanente y eléctricamente continua; (2) de capacidad suficiente para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica de falla que pueda producirse, y (3) de una impedancia suficientemente baja como para limitar la tensión eléctrica a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito. El terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

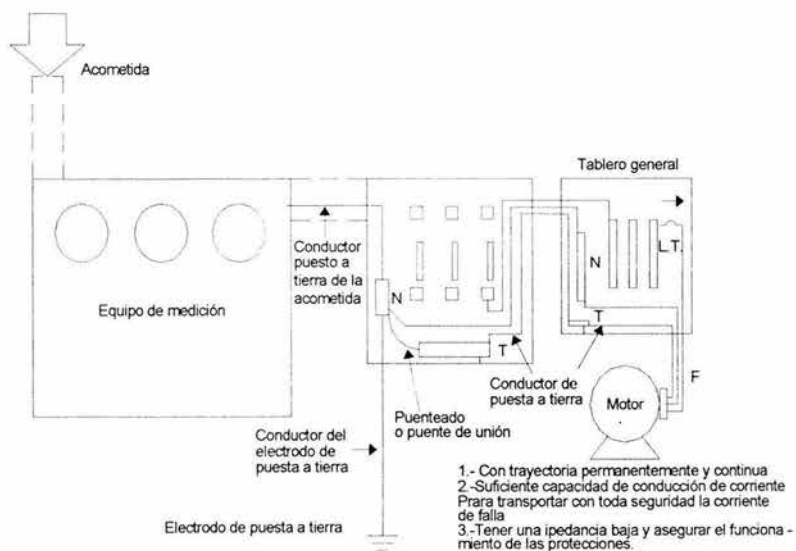


Figura 250-51.

En la figura 250-51 se muestra la trayectoria efectiva de puesta a tierra.

250-53. Trayectoria de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra en la acometida

a) Conductor al electrodo de puesta a tierra. Se debe usar un conductor para conectar al electrodo de puesta a tierra, los conductores de puesta a tierra de equipo, los envolventes de equipo de acometida y, si el sistema está puesto a tierra, el conductor de puesta a tierra de la acometida.

Excepción: Lo que establece 250-27 para conexiones a instalaciones con neutro a tierra de alta impedancia.

NOTA: Para la puesta a tierra de los sistemas de corriente eléctrica alterna, véase 250-23(a).

b) Puente de unión principal. Para sistemas puestos a tierra se debe usar un puente de unión principal, sin empalmes, para conectar el conductor de puesta a tierra de equipo y el envoltorio de desconexión de la acometida al conductor de puesta a tierra del sistema en cada punto de desconexión de la acometida.

Excepción 1: Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto aprobado y listado para usarse como equipo de acometida, es necesario tender un conductor puesto a tierra hasta el equipo y conectarlo al envoltorio.

Excepción 2: Lo que se establece en 250-27 y 250-123 para sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

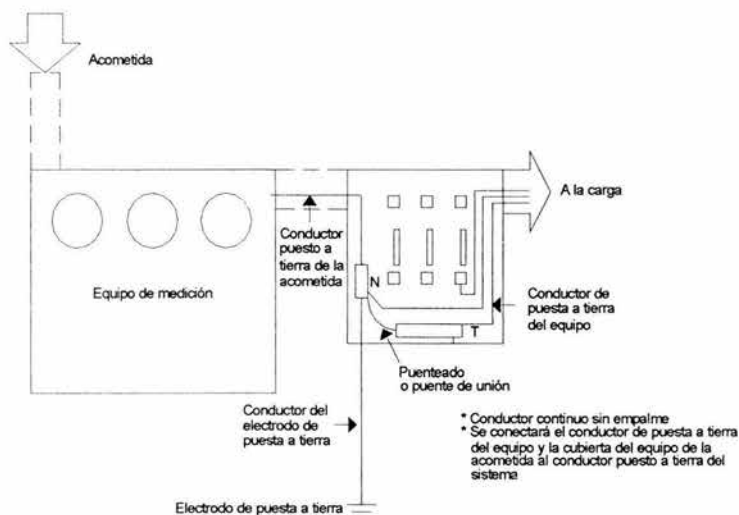


Figura 250-53.

En la figura 250-53 se muestra la trayectoria de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra de la acometida.

250-54. Electrodo común de puesta a tierra. Cuando se conecta un sistema de c.a. a un electrodo de puesta a tierra en, o a un edificio, tal como lo especifican 250-23 y 250-24, ese mismo electrodo se debe usar para poner a tierra los envolventes y el equipo en o a ese edificio. Cuando al mismo edificio lleguen dos acometidas independientes y haya que conectarlas a un electrodo de puesta a tierra, se debe usar el mismo electrodo.

Dos o más electrodos de tierra eléctricamente unidos entre sí se deben considerar a este respecto, un solo electrodo.

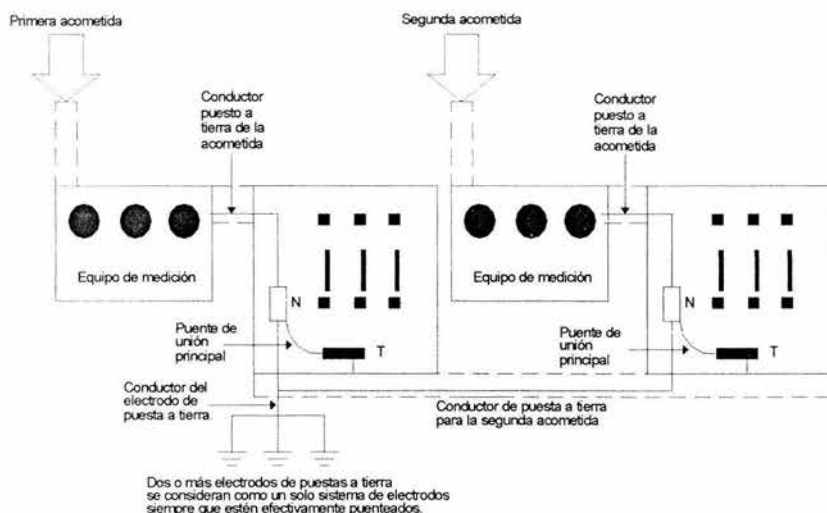


Figura 250-54.

La figura 250-54 muestra la conexión de electrodo común de puesta a tierra cuando al mismo edificio llegan dos acometidas.

250-55. Cable subterráneo de acometida. Cuando la acometida a un inmueble se realiza desde un sistema subterráneo basado en cables con cubierta metálica continua, la cubierta o armadura del cable de acometida conectada al sistema subterráneo o al tubo de acometida debe ser puesta a tierra en el inmueble, al igual que la tubería interior.

250-56. Tramos cortos de una canalización. Cuando se requiera poner a tierra tramos aislados de una canalización metálica o del blindaje de un cable, se deberá hacer según 250-57.

250-57. Equipo fijo o conectado por un método de alambrado permanente (fijo): puesta a tierra.

Cuando se requiera poner a tierra las partes metálicas no-conductoras de equipo, canalizaciones u otros envolventes, se debe hacer por uno de los siguientes métodos:

La sección 250-57 elimina cualquier conflicto entre la sección 250-57 (a), que exige usar un conductor de puesta a tierra de equipos para la puesta a tierra de equipos y las secciones 250-24, 250-60 y 250-61, que permiten usar un conductor de circuito puesto a tierra para la puesta a tierra de equipos, si se cumplen ciertas condiciones determinadas.

Excepción: Cuando el equipo, las canalizaciones y envolventes estén puestos a tierra a través del conductor del circuito puesto a tierra, tal como lo permiten 250-24, 250-60 y 250-61.

a) Tipos de conductores de puesta a tierra de equipo. Todos los permitidos por 250-91(b).

b) Con los conductores del circuito. Mediante el conductor de puesta a tierra de equipo instalado dentro de la misma canalización, cable o cordón o tendido de cualquier otro modo con los conductores del circuito. Se permiten conductores de puesta a tierra de equipo desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo, verde liso o verde con una o más franjas amarillas.

Una de las funciones del conductor de puesta a tierra de equipos es la de brindar una trayectoria de falla a tierra de baja impedancia, entre una falla a tierra y la fuente eléctrica, la cual permite que el dispositivo de protección contra sobrecorriente se accione, interrumpiendo la corriente. Para mantener la impedancia en un mínimo es necesario tender el conductor de puesta a tierra de equipos dentro de la misma canalización o cable del (de los) conductores del circuito. Esto permite cancelar el campo magnético desarrollado por el conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra de equipos, reduciendo su impedancia. La fuerza del flujo magnético es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre dos conductores. Al colocar un conductor de equipos lejos del conductor que entrega la corriente de falla, la cancelación del flujo magnético se reduce. Así se aumenta la impedancia de la trayectoria de falla y se retrasa la operación del dispositivo de protección.

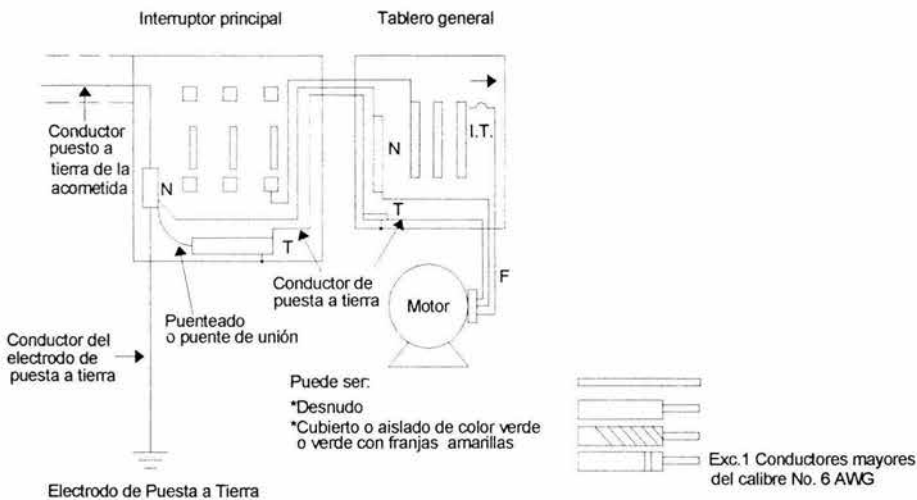


Figura 250-57.

La figura 250-57 muestra la puesta a tierra de equipos fijo y tipo de acabado..

Excepción 1: Se permite que, durante la instalación, un conductor aislado o cubierto de tamaño nominal superior a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG), de cobre o de aluminio, se identifique permanentemente como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible. Esta identificación se debe hacer por uno de los siguientes medios:

- a. Quitando el aislamiento o el recubrimiento en toda la parte expuesta.
- b. Pintando de verde el aislamiento o el recubrimiento expuesto, o
- c. Marcando el aislamiento o el recubrimiento expuesto con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

Excepción 2: Se permite que, en los circuitos de c.c., el conductor de puesta a tierra de equipo se instale independiente de los conductores del circuito.

Excepción 3: Como se requiere en la Excepción de 250-50(a) y (b), se permite que el conductor de puesta a tierra de equipo se instale independiente de los conductores del circuito.

Excepción 4: Cuando las condiciones de mantenimiento y de supervisión aseguren que la instalación está atendida sólo por personal calificado, se permite identificar permanentemente durante la instalación uno o más conductores aislados en un cable multipolar como conductores de puesta a tierra de equipo, en cada extremo y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible, por los siguientes medios:

- Quitando el aislamiento o el recubrimiento en toda la parte expuesta.
- Pintando de verde el aislamiento o el recubrimiento expuesto.
- Marcando el aislamiento o el recubrimiento expuesto con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

NOTA 1: Para los puentes de unión de equipo, véase 250-79.

NOTA 2: Para el uso de cordones con equipo fijo, véase 400-7.

250-58. Equipo considerado eficazmente puesto a tierra. En las condiciones especificadas en los siguientes incisos, se considera que las partes metálicas no-conductoras de equipo están eficazmente puestas a tierra.

a) Equipos sujetos a soportes metálicos puestas a tierra. Los equipos eléctricos sujetos y en contacto eléctrico con bastidores o con estructuras metálicas diseñados para su soporte y puestas a tierra por uno de los medios indicados en 250-57. No se debe usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipo de c.a.

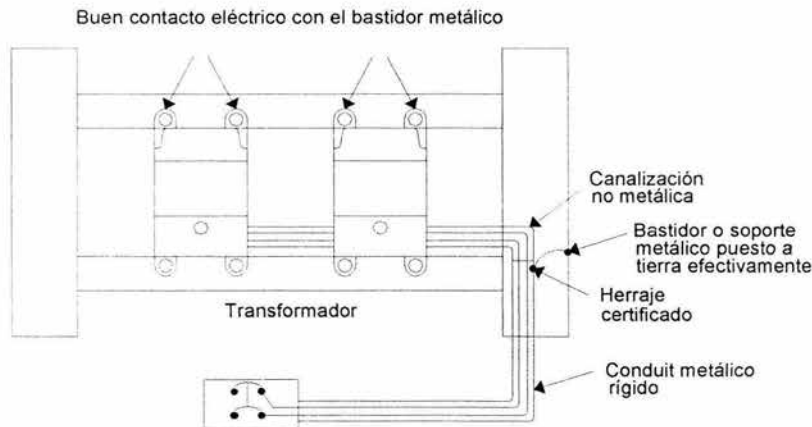


Figura 250-48.

La figura 250-48 muestra un ejemplo de una puesta a tierra de equipos a un bastidor metálico.

b) Estructura de ascensores metálicos. Las estructuras de ascensores metálicos sujetos a cables metálicos que los elevan, unidos o que circulan sobre carretes o tambores metálicos de las máquinas de los ascensores puestos a tierra por alguno de los métodos indicados en 250-57.

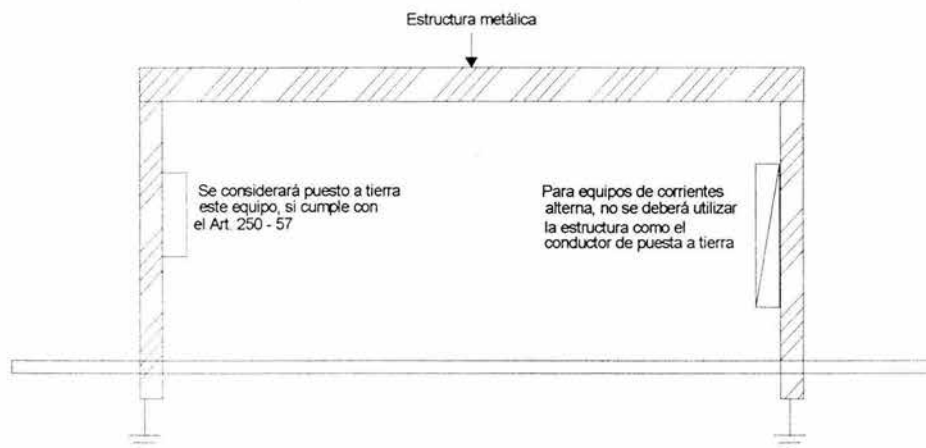


Figura 250-58.

La figura 250-58 muestra equipos que se consideran como efectivamente puestos a tierra.

250-59. Equipos conectados con cordón y clavija. Cuando haya que conectarlas a tierra, las partes metálicas no-conductoras de equipo conectado con cordón y clavija se deben poner a tierra por alguno de los métodos indicados a continuación:

a) A través de la envolvente metálica. A través de la envolvente metálica de los conductores que suministran energía a dicho equipo, si se usa una clavija con terminal de puesta a tierra y tiene un contacto fijo para puesta a tierra, para poner a tierra la envolvente y si la envolvente metálica de los conductores se sujeta al contacto de la clavija y al equipo mediante conectadores aprobados.

Excepción: Se permite un contacto de tierra auto-armable en receptáculos con toma de tierra utilizados en el extremo del cordón de aparatos eléctricos portátiles, accionados a mano o en herramientas manuales.

b) A través del conductor de puesta a tierra de equipo. A través del conductor de puesta a tierra de equipo instalado junto con los conductores de alimentación en un cable o cordón flexible debidamente terminado en una clavija terminal de puesta a tierra, y un contacto de tierra fijo. Se permite que haya un conductor de puesta a tierra sin aislar, pero, si se aísla, el forro debe ser de acabado exterior continuo y color verde, o verde con una o más tiras amarillas.

Excepción: Se permite un contacto de tierra auto-armable en clavijas con terminal de puesta a tierra utilizada en el extremo del cordón de aparatos eléctricos portátiles, accionados a mano o aparatos eléctricos y herramientas manuales.

c) **A través de un cable o alambre independiente.** A través de un cable flexible o alambre independiente, desnudo o aislado, protegido en la medida de lo posible contra daño físico, cuando forme parte del equipo.

250-60. Carcasas de estufas y secadoras de ropa. Esta Sección se debe aplicar sólo a los circuitos derivados ya instalados. Los circuitos de nueva instalación deben cumplir lo establecido en 250-57 y 250-59. Las carcasas de estufas eléctricas, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y salidas o cajas de empalmes que formen parte del circuito de esos aparatos, se deben poner a tierra según se especifica en 250-57 o 250-59 o se pueden poner a tierra en el conductor de un circuito puesto a tierra (excepto en las casas móviles y vehículos recreativos), si se cumplen además todas las condiciones establecidas a continuación:

- El circuito de suministro es monofásico a tres conductores, 120/240 V; o 220Y/127 V, 208Y/120 V, tres fases cuatro conductores en estrella.
- El conductor puesto a tierra no es inferior a 5,26 mm² (10 AWG) en cobre o a 13,3 mm² (6 AWG) en aluminio.
- El conductor puesto a tierra está aislado; o el conductor puesto a tierra sin aislar forma parte de un cable de acometida Tipo SE y el circuito derivado se origina en el equipo de acometida.
- Los contactos de puesta a tierra de receptáculos con terminal de puesta a tierra suministrados como parte del equipo están puenteados con el equipo.

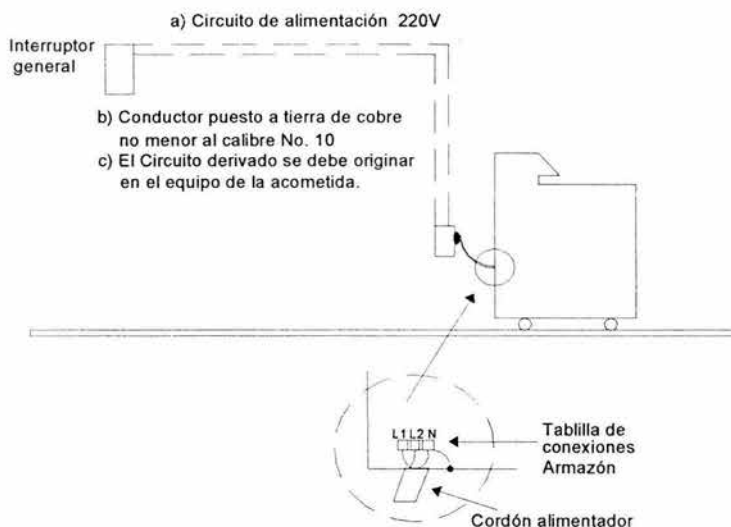


Figura 250-6.

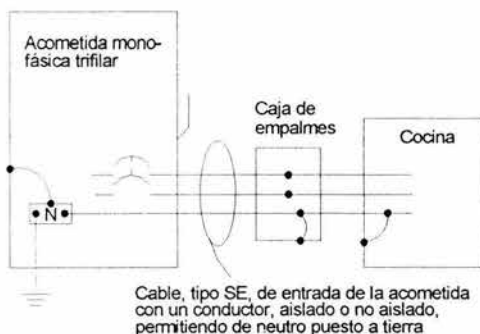
En la figura 250-60 se muestra el conductor puesto a tierra del circuito, el cual puede ser el conductor de puesta a tierra de armazones de cocina y de secadoras eléctricas de ropas.

La sección 250-60 (d) se aplica solamente a circuitos ramales existentes que alimentan los artefactos especificados en esta sección. Ya no se permite usar el conductor puesto a tierra (neutro) para poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente de los artefactos certificados en esta sección. Se requiere que los circuitos ramales instalados para instalaciones de nuevos artefactos, proporcionen un conductor de puesta a tierra de equipos para la puesta a tierra de las partes no portadoras de corriente.

Se debería tener precaución para asegurarse de que los nuevos artefactos conectados a un circuito ramal existente estén puestos a tierra apropiadamente. Para conectar un artefacto antiguo a un circuito ramal nuevo, se le debe reemplazar su cordón y clavija trifilar por un cordón de cuatro conductores, uno de los cuales es el conductor de puesta a tierra de equipos. El puente de conexión equipotencial entre el neutro y la carcasa del artefacto se debe retirar. Si se conecta un artefacto nuevo a un circuito ramal existente, en donde el conductor neutro ha sido usado previamente para la puesta a tierra del artefacto, se debe instalar un puente de conexión equipotencial en los terminales del artefacto para conectar la carcasa del neutro.

Aún se permite usar el conductor del circuito puesto a tierra de un circuito ramal existente para poner a tierra la carcasa de una cocina eléctrica, de un horno montado en la pared o de una unidad de cocción montada en mesón, siempre y cuando se cumplan todas las condiciones de (a) a (d). También se permite usar el conductor del circuito puesto a tierra para poner a tierra cualquier caja del empalme en el circuito que alimenta al artefacto, y se permite usar una conexión trifilar en espiral y un tomacorriente de cocina, independiente de si el circuito al tomacorriente contiene un conductor separado de puesta a tierra de equipos.

Cuando el cable de entrada de la acometida había sido instalado previamente, se permitía un neutro no aislado; sin embargo, se exigía que el circuito se originara en el equipo de acometida para evitar corrientes del neutro desde los paneles aguas hacia abajo, fluyendo en los objetos metálicos, tales como tuberías de conductores. La figura 250-60 (a) presenta una instalación existente en la cual el cable de entrada de la acometida de tipo SE fue usado para cocinas, secadoras, hornos montados en la pared y unidades de cocción montadas en mesón. También se permitía poner a tierra cajas de empalme en el circuito de alimentación, desde el conductor del neutro puesto a tierra.



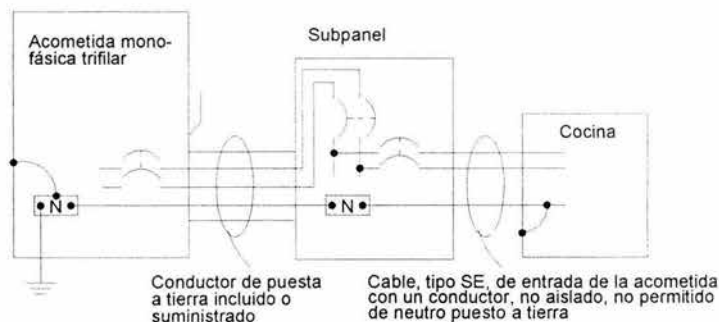


Figura 250-60.

En la figura 250-60 se muestra la instalación existente en la cual el cable de entrada de la acometida Tipo SE, fue usado para los artefactos especificados en la sección.

250-61. Uso del conductor puesto a tierra para poner a tierra equipo

a) Lado de suministro de equipo. Se permite que el conductor puesto a tierra sirva para poner a tierra las partes metálicas y no-conductoras de equipo, canalizaciones y otras envolventes en cualquiera de los siguientes lugares:

- 1) En el lado de alimentación del medio de desconexión de la acometida.
- 2) En el lado de alimentación del medio de desconexión de la acometida para distintos edificios, como se establece en 250-24.
- 3) En el lado de alimentación del medio de desconexión o del dispositivo de sobrecorriente de la acometida de un sistema derivado separadamente.

En sistemas derivados separadamente, se permite que el conductor de circuito puesto a tierra ponga a tierra las partes metálicas no portadoras de corrientes de equipos, canalizaciones y otros encerramientos sólo en el lado de alimentación del medio de desconexión principal.

b) Lado de la carga de equipo. No se debe usar un conductor puesto a tierra para poner a tierra las partes metálicas no-conductoras de equipo que haya en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida o en el lado de la carga del medio de desconexión o del dispositivo de sobrecorriente de un sistema derivado separadamente que no tenga un medio de desconexión principal de la red.

Una razón importante por la que no se permite poner a tierra en el lado de la carga de la acometida el conductor de circuito puesto a tierra (excepto como se permite en la sección 250-60) es que si el conductor de la acometida puesto a tierra se desconectará a cualquier punto en el lado de la línea de la tierra, el conductor de puesta a tierra de equipos de todas las partes conductoras conectadas a él portarían la corriente del neutro, elevando el potencial a tierra de las partes eléctricas expuestas que normalmente no están destinadas a aportar corrientes. Esto puede dar como resultado la formación de arcos en espacios ocultos o podría presentar riesgos de choque eléctrico severo, particularmente si el operario abriera involuntariamente la trayectoria. Incluso si un conductor puesto a tierra abierto (denominado usualmente neutro abierto), la trayectoria del conductor de puesta a tierra de equipos será una trayectoria paralela de puesto a tierra, y habrá alguna caída de potencial en las partes

metálicas no energizadas expuestas u ocultas. La magnitud de esta diferencia de potencial estará determinada por las impedancias relativas de la trayectoria de puesta a tierra de equipos y los circuitos de conductores de puestos a tierra. No sólo se afectaría la trayectoria de puesta a tierra de equipos, sino también todas las trayectorias paralelas no previstas como conductores de puesta a tierra de equipos. Esto podría incluir el flujo de corriente a través de las estructuras de las edificaciones, las tuberías y los conductores metálicos y las tuberías.

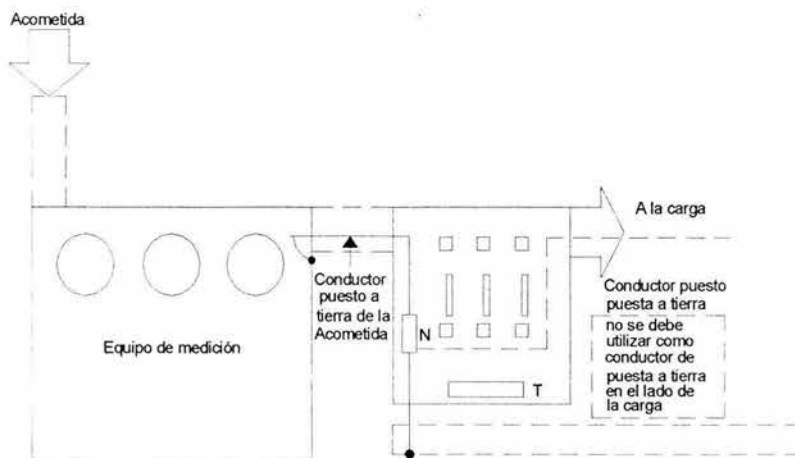


Figura 250-6.

En la figura 250-6 se muestra el conductor puesto a tierra, utilizado como conductor de puesta a tierra, en el suministro de la alimentación, pero no en el lado de la carga

Excepción 1: Las carcasas de estufas, hornos montados en la pared, estufas montadas en barras y secadoras de ropa en las condiciones permitidas por 250-60 para instalaciones ya existentes.

Excepción 2: Lo que permite 250-54 para edificios independientes.

Excepción 3: Se permite poner a tierra los envolventes para medidores conectándolos al conductor puesto a tierra del circuito en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida, si:

- a. No hay instalado un dispositivo de protección contra fallas a tierra, y
- b. Todos los medidores están situados cerca del medio de desconexión de la acometida.
- c. El tamaño nominal del conductor puesto a tierra del circuito no es inferior a lo especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de equipo.

Excepción 4: Lo que exigen 710-72(e)(1) y 710-74.

Excepción 5: Se permite poner a tierra los sistemas de c.c. del lado de la carga del medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente, según Excepción de 250-22.

250-62. Conexiones para circuitos múltiples. Cuando se requiera poner a tierra un equipo que esté alimentado mediante conexiones independientes a más de un circuito o en sistemas puestos a tierra de sistemas de alambrado de usuarios, debe haber un medio de puesta a tierra en cada una de esas conexiones, como se especifica en 250-57 y 250-59.

CAPITULO 8. PUENTES DE UNIÓN.

250-70. Disposiciones generales. Cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica que pudiera producirse por falla a tierra, se deben hacer los puentes de unión pertinentes.

250-71. Equipo de la acometida

a) Puento de unión del equipo de la acometida. Las partes metálicas no-conductoras de equipo que se indican en los siguientes incisos, se deben conectar entre sí:

- 1) Excepto lo que se permita en 250-55, las canalizaciones de acometida, charolas, estructuras de electroductos, armadura o blindaje de los cables.
- 2) Todos los envoltentes de equipo de acometida que contengan conductores, conexión de medidores, cajas o similares, interpuestos en la canalización o blindaje.
- 3) Cualquier canalización metálica o envoltente por los que se lleve un conductor al electrodo de puesta a tierra, tal como se permite en 250-92(a). Las conexiones se deben hacer en cada extremo y en todas las canalizaciones, cajas y envoltentes que existan entre el equipo de acometida y el electrodo de puesta a tierra.

La sección 250-71 (a) (3) está prevista para aclarar que cuando las canalizaciones, cajas y envoltentes, todos metálicos, contienen un conductor del electrodo de puesta a tierra, ambos extremos de dicha canalización, caja o envoltentes se deben conectar equipotencialmente al conductor de puesta a tierra como se ilustra en la figura 250-71 (a). La conexión equipotencial de la canalización al conductor reduce la impedancia y minimiza la diferencia de potencial entre el equipo eléctrico y la tierra.

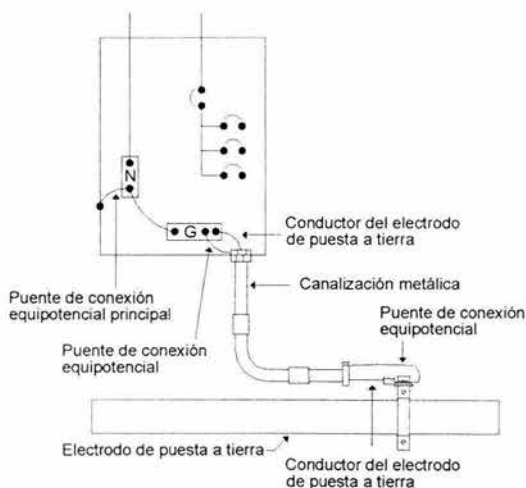


Figura 250-71 (a)

La figura 250-71 (a) Conexión equipotencial de una canalización metálica que contiene un conductor del electrodo de puesta a tierra a ambos extremos del conductor.

b) Puente de unión con otros sistemas. En la acometida debe haber como mínimo un medio accesible fuera de los envolventes para conectar los puentes de unión y de tierra de otros sistemas, como mínimo formada por uno de los siguientes medios:

- 1) Canalizaciones metálicas de la acometida expuestas.
- 2) El conductor al electrodo de puesta a tierra, expuesto.
- 3) Un dispositivo aprobado para la conexión externa de un conductor de unión o de puesta a tierra, de cobre u otro elemento resistente a la corrosión, a la canalización o al equipo de la acometida. A efectos de la existencia de un medio accesible para la conexión de sistemas, se considera equipo de acometida a los medios de desconexión de un edificio o estructura independiente, tal como se permite en 250-54, y los medios de desconexión de las casas móviles permitidos en la Excepción 1 de 550-23(a).

La sección 250-71 (b) aclara que los medios aprobados para una conexión externa para la conexión equipotencial a otros sistemas deben ser de cobre u otro material aprobado resistente a la corrosión. Por ejemplo, el aluminio no sería adecuado para la conexión a los electrodos cerca de la tierra o en concreto.

La necesidad de un medio de conexión equipotencial accesible externo es igualmente importante para edificaciones separadas y casas móviles. En estos inmuebles, el encerramiento del medio de desconexión en el lado de carga de la acometida se puede considerar el equivalente del equipo de acometida para el propósito de conexión equipotencial intersistemas.

En la figura 250-71 (b) se representan dos disposiciones diferentes de puesta a tierra y conexión equipotencial. A la izquierda se muestra un conductor del electrodo de puesta a tierra en la carcasa del medidor, con el envolvente del equipo de acometida conectado equipotencialmente al conductor de la acometida puesto a tierra. A la derecha se muestra el conductor del electrodo de puesta a tierra en el equipo de acometida, con el envolvente del equipo de acometida y la carcasa del medidor conectado equipotencialmente al conductor de la acometida puesto a tierra.

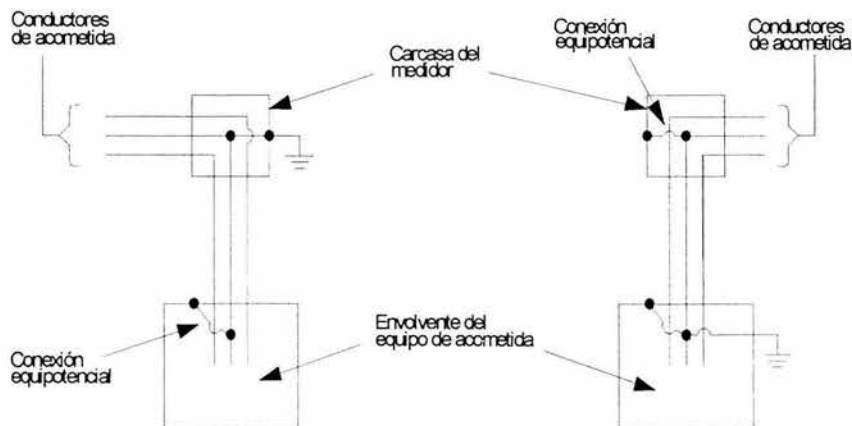


Figura 250-71 (b)

La figura 250-71(b) ilustra dos diferentes disposiciones de puesta a tierra y de conexión equipotencial

NOTA 1: Un ejemplo de dispositivo aprobado mencionado en el párrafo anterior (3), es un conductor de cobre de $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) con un extremo conectado a la canalización o al equipo de acometida y más de 152 mm del otro extremo accesible por la parte exterior.

En la figura 250-71 (c) se ilustran otros medios. La de la izquierda es una ilustración del medio accesible para la conexión, y el de la derecha es un método para suministrar el medio de conexión equipotencial requerido cuando el panel de distribución es de tipo empotrado.

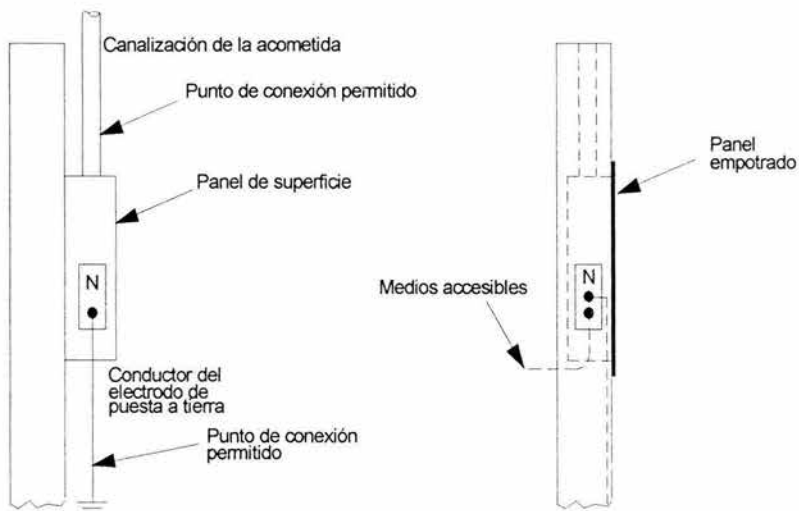


Figura 250-71 (c)

La figura 250-71 (c) Se ilustra dos diferentes disposiciones de puesta a tierra y de conexión equipotencial accesibles.

NOTA 2: Para las conexiones y puesta a tierra de circuitos de comunicaciones, radio, televisión y televisión por cable (CATV), véanse 800-40 y 820-40.

La NOM exige que los sistemas independientes estén conectados equipotencialmente juntos, para reducir las diferencias de potencial entre ellos debido a descargas atmosféricas o a contacto accidental con las líneas de fuerza. Se requiere que los sistemas de protección contra descargas atmosféricas, sistemas de comunicaciones, radio y TV, y los sistemas de CATV estén conectados equipotencialmente juntos, para reducir al mínimo las diferencias de potencial entre los sistemas. La falta de interconexión puede dar como resultado graves riesgos de choque eléctrico e incendio.

La razón de este peligro potencial se ilustra en la figura 250-71 (d), que muestra un cable de CATV con una chaqueta puesta a tierra a una varilla de tierra separada y no conectada equipotencialmente a la tierra de potencia.

Este cable está conectado al sintonizador de un televisor dentro de una casa. Al sintonizador también se encuentra conectada la alimentación de 120 V con un conductor puesto a tierra en la acometida (la tierra de potencia). En cada caso, una resistencia de c.c. a tierra estará presente en el electrodo de puesta a tierra, como se ilustra en el circuito equivalente; esta resistencia a tierra variará ampliamente, dependiendo de las condiciones del suelo y del tipo del electrodo de puesta a tierra. La resistencia en la tierra del CATV (R_{NT}) es probable que sea mayor que la resistencia de la tierra de potencia (R_P), porque la tierra de potencia con frecuencia es un sistema de tubería metálica subterránea para el transporte de agua, o un electrodo embutido en concreto, mientras que la tierra del CATV por lo general es una varilla de tierra.

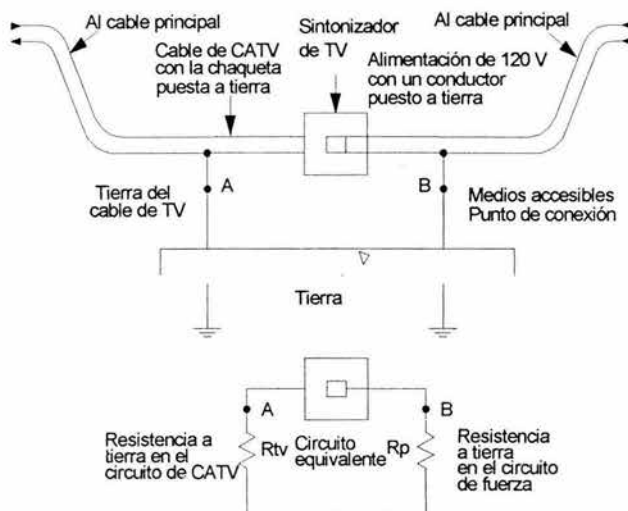


Figura 250-71 (d)

La figura 250-71 (d) muestra la instalación de TV cable que no cumple con la NOM e ilustra por que es necesaria la conexión equipotencial entre sistemas diferentes.

250-72. Método de para puentes de unión del equipo de la acometida. La continuidad eléctrica del equipo de acometida debe estar asegurada por uno de los métodos especificados en los siguientes incisos:

a) Conductor puesto a tierra de acometida. Conectar el equipo al conductor de acometida puesto a tierra por alguno de los métodos indicados en 250-113.

La figura 250-72 (a) es una ilustración de la puesta a tierra y la conexión equipotencial en una acometida individual. La figura 250-72 (b) muestra un montaje de puesta a tierra y conexión equipotencial hasta para seis interruptores que funcionan como el medio de desconexión de una acometida individual. La sección 250-24 (b) aclara que se requiere que el conductor de la acometida puesto a tierra esté tendido hacia cada disyuntor de la acometida y conectado equipotencialmente al envolvente. La sección 250-94(1) permite que la conexión equipotencial del equipo de acometida se realice mediante la conexión equipotencial al conductor de la acometida puesto a tierra.

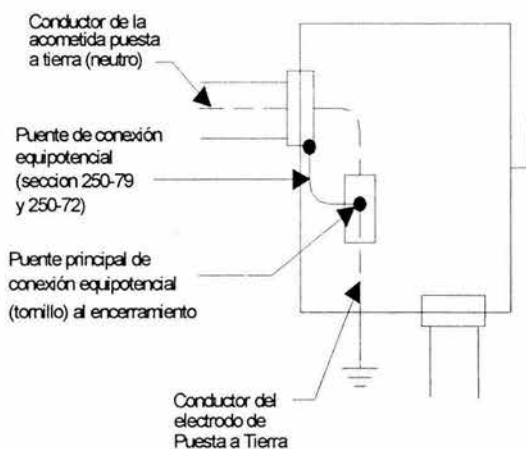


Figura 250-72 (a)

En la figura 250-72 (a) se muestra la puesta a tierra y conexión equipotencial para acometida con un medio de desconexión.

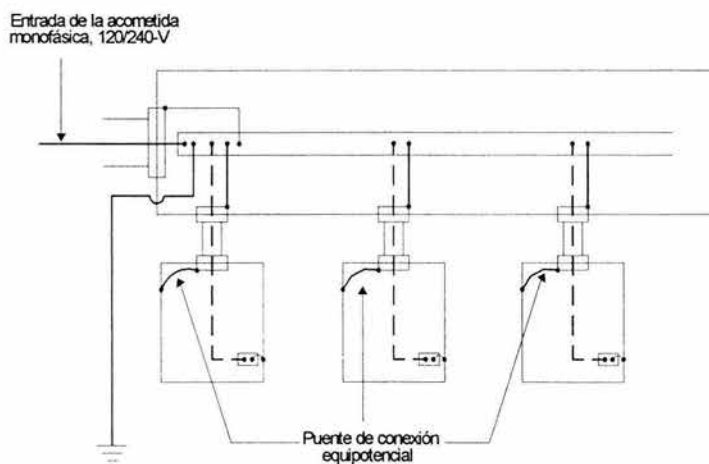


Figura 250-72 (b)

En la figura 250-72 (b) se muestra un montaje de puesta a tierra y conexión equipotencial hasta para seis interruptores que funcionan como el medio de desconexión de la acometida para una acometida individual.

b) Conexiones roscadas. Cuando haya tubo (conduit) metálicos tipo pesado o semipesado, las uniones mediante rosca o tubos roscados en los envoltentes, se deben apretar con llave.

c) Conexiones y conectadores sin rosca. Para los puentes que requiere esta Sección, no se deben usar tuercas ni monitores normalizados para las conexiones y conectadores sin rosca de tubo (conduit) metálico tipos pesado, semipesado y ligero. Deben usarse tuercas y conexiones aprobadas para este fin

d) Puentes de unión. Los puentes de unión que cumplan los demás requisitos de este Artículo se deben usar en tomas concéntricas o excéntricas perforadas o hechos de cualquier otra forma que no afecten la conexión eléctrica a tierra.

e) Otros dispositivos. Otros dispositivos aprobados, como contratueras y monitores para puesta a tierra.

Obsérvese que el método (e) exige tuercas de seguridad o bujes de tipo de conexión equipotencial. Las tuercas de seguridad estándar o tuercas de sellado no son aceptables como el "único" medio para hacer la conexión equipotencial en el lado de la línea del equipo de acometida.

Los bujes de conexión equipotencial para uso con conduit metálico rígido o intermedio se suministran con medios (usualmente uno o más tornillos prisioneros) para conectar equipotencialmente y de forma confiable el buje y el conduit en el cual va roscado a la envolvente o caja metálica del equipo. Si no se suministra un medio para conectar un conductor de puesta a tierra o un puente de conexión se requiere usar un buje del tipo de puesta a tierra.

Los bujes de puesta a tierra usados con conduit metálico rígido o intermedio, tales como los que se muestran en la figura 250-72(d), tiene medios para conectar un puente de conexión equipotencial o tienen medios suministrados por el fabricante para usarlos en el montaje de un conectador de alambre. Este tipo de buje también puede tener medios (usualmente uno o más tornillos prisioneros) para conectar equipotencialmente y de forma confiable el buje de la envolvente o caja metálica del equipo, de la misma manera que con un puente de conexión equipotencial. Véase la figura 250-72(c) en la que se presenta una lengüeta de cuña del tipo de conexión equipotencial, usada para conectar un conduit a una caja.

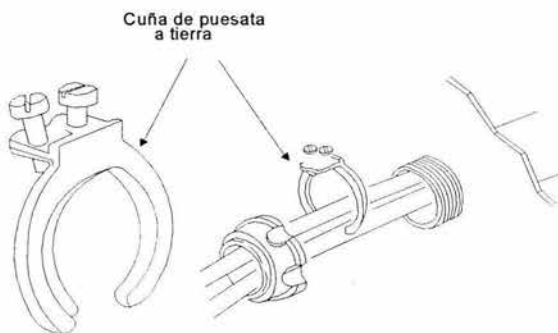


Figura 250-72 (c)

La figura 250-72(c) ilustra una lengüeta de cuña usada para proporcionar una conexión eléctrica entre un conduit y una caja.

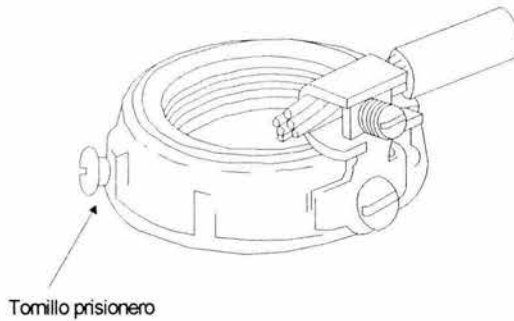


Figura 250-72 (d)

La figura 250-72(d) ilustra un buje roscado de puesta a tierra con tornillos prisioneros usados para asegurar la conexión eléctrica y mecánica.

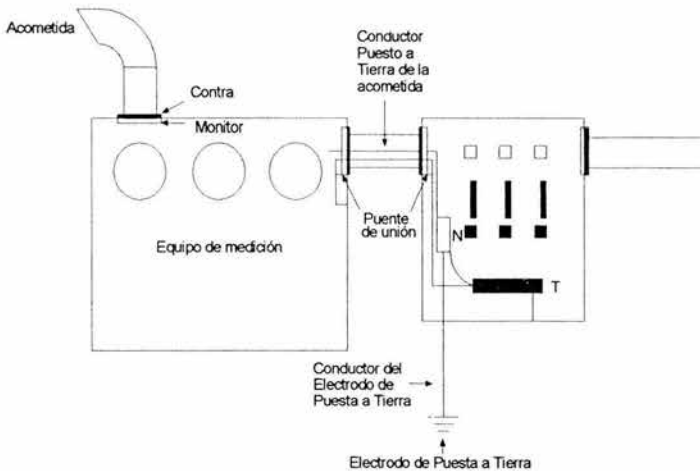


Figura 250-72(e)

En la figura 250-72(d) se muestra el método para el punteado de los equipos de acometida.

250-73. Cable de acometida con blindaje o cinta metálica. El blindaje o cinta metálica de un cable de acometida que tenga un conductor de acometida puesto a tierra y no-aislado, en contacto eléctrico continuo con su blindaje o cinta metálica, se considera como puesto a tierra.

250-74. Conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja. Se debe realizar una conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja de conexiones efectivamente puesta a tierra.

Excepción 1: Cuando la caja vaya montada en una superficie con contacto metálico directo entre el soporte y la propia caja, se permite que la tierra del contacto se haga a la caja. Esta excepción no se aplica a los receptáculos montados en las tapas, a no ser que la caja y la tapa estén aprobados y listados como un conjunto que proporcione una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el receptáculo.

La regla principal de la sección 250-74 exige instalar un puente de conexión equipotencial entre la caja del dispositivo y el terminal de puesta a tierra del tomacorriente. Sin embargo, la sección 250-74 (excepción 1) permite omitir el puente de conexión equipotencial del equipo si el yugo metálico del dispositivo está en contacto directo con las orejas de la caja metálica del dispositivo, como se ilustra en la figura 250-74(a).

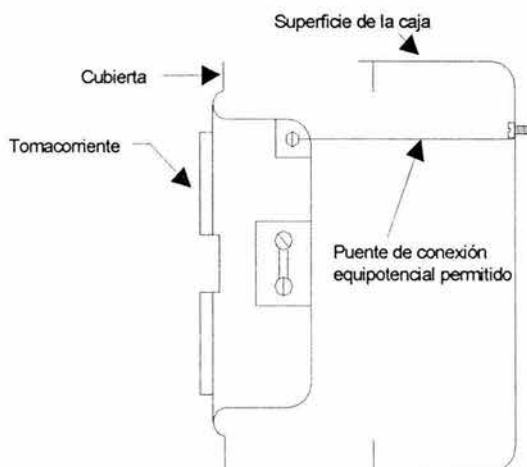


Figura 250-74(a)

En la figura 250-74(a) se ejemplifica un tomacorriente montado en una caja sujeto a una caja de superficie, en donde no se requiere un puente de conexión equipotencial.

Los dispositivos de alambrado montados en la tapa, por ejemplo sobre tapas cuadradas de 4 pulgadas, no se consideran puestos a tierra. La sección 250-74 (excepción 1) no es aplicable a tomacorrientes montados en la tapa, como se ilustra en la figura 250-74(b). Se permiten las combinaciones de tapa-caja y dispositivos certificados para brindar continuidad de la puesta a tierra.

Excepción 2: Se permite que los dispositivos o soportes de contacto diseñados, aprobados y listados para este fin formen, junto con los tornillos que los sujetan, el circuito de tierra entre el soporte del dispositivo y la caja montada en la pared.

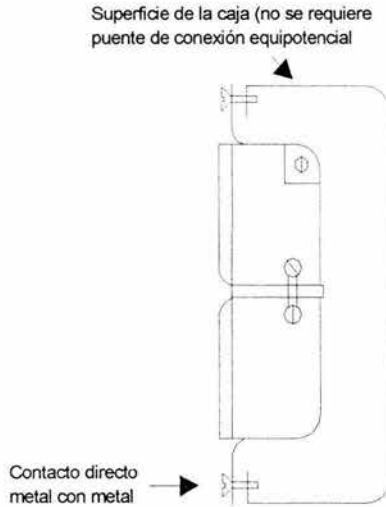


Figura 250-74(b).

En la figura 250-74(b) tenemos un ejemplo de un tomacorriente montado en una etapa sujeto a una caja de superficie en donde no se requiere un puente de conexión equipotencial.

Excepción 3: Las cajas en el piso diseñadas y aprobadas para ofrecer una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el dispositivo.

Excepción 4: Cuando sea necesario para reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas) en el circuito de puesta a tierra, se permite un receptáculo en el que la terminal de puesta a tierra esté aislada intencionadamente de los medios de montaje del contacto. Se debe poner a tierra el receptáculo por medio de un conductor aislado que vaya con los conductores del circuito. Este conductor de puesta a tierra puede pasar a través de uno o más paneles de alumbrado y control sin necesidad de conectarlo a las terminales de puesta a tierra de los mismos, como se permite en 384-20, excepto que termine dentro del mismo edificio o estructura, directamente en la terminal de un conductor de puesta a tierra de equipo de la correspondiente acometida o del sistema derivado.

La sección 250-74 (excepción 4) permite instalar un tomacorriente de tipo con polo a tierra separado, sin un puente de conexión equipotencial entre la caja metálica del dispositivo y el terminal de puesta a tierra del tomacorriente.

Con los conductores del circuito ramal se instala un conductor de puesta a tierra de equipo aislado, como se ilustra la figura 250-74 (c). Este conductor puede tener su origen en el panel de acometida, pasar a través de cualquier número de subpaneles sin estar conectado a la barra conductora de puesta a tierra de equipos, y finalizar en el terminal del tomacorriente con polo a tierra aislado físicamente. Sin embargo, esto no es una excepción para la puesta a tierra de la caja metálica del dispositivo. La caja metálica del dispositivo se debe poner a tierra, ya sea mediante un conductor de puesta a tierra de equipos tendido con los conductores del circuito, o mediante un método de alambrado que sirva como un conductor de puesta a tierra de equipos. Véase sección 250-91, para los tipos de conductores de puesta a tierra de equipos.

La sección 250-74 (excepción 4) exige que cuando se usen tomacorrientes de tipo con polo a tierra separado, el conductor de puesta a tierra de equipos separados debe finalizar en un terminal de puesta a tierra de equipos de la acometida aplicable, o sistema derivado dentro de la misma edificación del tomacorriente. Si el conductor de puesta a tierra de equipos separados finaliza en una edificación separada, puede existir una diferencia de tensión grande entre las edificaciones durante las sobretensiones pasajeras de descarga atmosféricas. Estas sobretensiones pasajeras pueden causar daño a equipos conectados a un tomacorriente de tipo con polo a tierra separado, y presentar peligro de choque eléctrico entre la carcasa del equipo separado y otras superficies puestas a tierra.

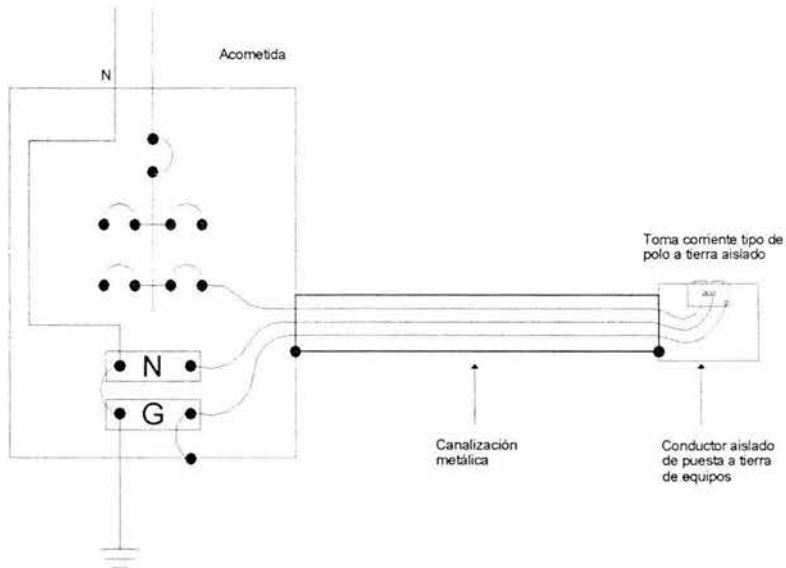


Figura 250-74(c).

En la figura 250-74(c) se ilustra un tomacorriente de tipo con polo a tierra separado, con conductor de puesta a tierra de equipo aislado y con la caja del dispositivo puesta a tierra a través de la canalización metálica.

NOTA: El uso de un conductor de puesta a tierra aislado para equipo no exime del requisito de poner a tierra la canalización y la caja.

Es un recordatorio relativo a que aún se exige poner a tierra las canalizaciones y cajas metálicas, mediante alguno de los métodos requeridos usuales. Esto podría requerir, por ejemplo, un conductor de puesta a tierra separado para poner a tierra una caja metálica en un sistema de canalización no metálica, o poner a tierra una caja metálica alimentada por un conduit metálico flexible. Cuando se reemplace un tomacorriente de tipo con puesta a tierra común por un tomacorriente de tipo con polo a tierra separado, el uso de un conductor de puesta a tierra de equipos existente, como conductor de puesta a tierra de tomacorriente separado, puede anular efectivamente o comprometer seriamente la tierra requerida del equipo de la caja o de la canalización

250-75. Puente de unión de otras estructuras. Las canalizaciones metálicas, soportes para cables tipo charola, blindajes de cables, forros de cables, envolventes, tableros, herrajes y otras partes metálicas que no lleven normalmente corriente eléctrica y que puedan servir como conductores de puesta a tierra con o sin conductores suplementarios de tierra de equipo, se deben conectar eficazmente cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad del circuito para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica que pudiera producirse por falla a tierra en el mismo. Se deben quitar de las roscas, puntos y superficies de contacto todas las pinturas, barnices o recubrimientos similares no-conductores o conectarlos por medio de herrajes diseñados de manera que hagan tal eliminación innecesaria.

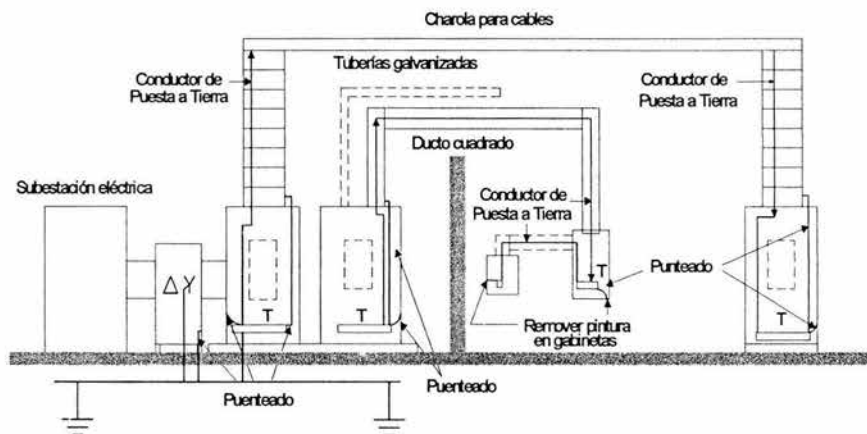


Figura 250-75.

La figura 250-75 muestra el puente de unión para los ductos o gabinetes

Excepción: Cuando sea necesario para reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas) en el circuito de puesta a tierra, se permite que un envolvente en el que haya equipo instalado y al que se alimente desde un circuito derivado, esté aislado de una canalización que contenga cables que alimenten sólo a este equipo, por medio de uno o más herrajes de canalizaciones no-metálicas aprobadas y listadas situadas en el punto de conexión de la canalización con el envolvente.

La canalización metálica debe cumplir lo establecido en este Artículo y debe ir complementada por un conductor aislado interno instalado de acuerdo con lo indicado en la Excepción 4 de 250-74, para que sirva de conexión de puesta a tierra del envolvente del equipo.

NOTA: El uso de un conductor de puesta a tierra aislado para equipo no exime del requisito de poner a tierra la canalización y la caja.

250-76. Puentes de unión en instalaciones a más de 250 V. En circuitos a más de 250 V a tierra, que contengan conductores que no sean los de la acometida, se debe asegurar la continuidad eléctrica de las canalizaciones metálicas y de cables con cubierta metálica por medio de uno o más de los métodos especificados para las acometidas en 250-72(b) a (e).

Excepción: Cuando no haya tapas de las cajas de empalmes de mayor tamaño nominal, concéntricas o excéntricas o cuando se hayan probado tapas concéntricas o excéntricas y el envolvente esté aprobado y listado para ese uso, se permiten los siguientes medios:

- Uniones y conectadores sin rosca para cables con forro metálico.
- Tuerca y contratuercas en un tubo (conduit) metálico tipo pesado o semipesado, una dentro y otra fuera de la caja o envolvente.
- Herrajes con lengüetas que asienten firmemente el envolvente, como los conectadores para tubo (conduit) metálico tipo ligero, conectadores para tubo (conduit) metálico flexible y conectadores de cables con una tuerca dentro de cajas y envolventes.
- Otros herrajes aprobados y listados.

No se requiere conexión equipotencial alrededor de agujeros ciegos concéntricos o excéntricos preperforados, si la envolvente que contiene los agujeros ciegos ha sido probado y certificado como adecuado para conexión equipotencial.

Los métodos de a, b y c de la excepción a la sección 250-76 se permiten para circuitos de más de 250 V a tierra solamente cuando no haya agujeros ciegos concéntricos o excéntricos sobredimensionados. Obsérvese que el método (c) permite herrajes, tales como los conectores EMT, conectores de cable y herrajes similares con rebordes que se asienten firmemente contra el metal de una caja o gabinete instalados con una sola tuerca de seguridad en la parte interior de la caja.

250-77. Puente de unión de canalizaciones metálicas con juntas de expansión. Los herrajes de dilatación y las partes telescópicas de las canalizaciones metálicas se deben hacer eléctricamente continuas mediante puentes de unión u otros medios.

250-78. Puentes de unión en lugares peligrosos (clasificados). Independientemente de la tensión eléctrica del sistema eléctrico, se debe asegurar la continuidad eléctrica de las partes metálicas no-conductoras de equipo, canalizaciones y otros envolventes en los lugares peligrosos (clasificados) que define el Artículo 500, por cualquiera de los medios especificados para las acometidas en 250-72 y que estén aprobados para los métodos de instalación utilizados.

250-79. Puente de unión principal y puente del equipo

- Material.** Los puentes de unión principal y del equipo deben ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión. Un puente de unión principal o un puente de unión según lo exigido en 250-26(a) puede ser un cable, alambre, tornillo o similar adecuado.
- Construcción.** Cuando el puente de unión con la red sea un solo tornillo, éste se debe identificar mediante un color verde que sea visible con el tornillo instalado.
- Sujeción.** Los puentes de unión principal y de equipo se deben sujetar según se establece en 250-113 para los circuitos y equipo y en 250-115 para los electrodos de tierra.
- Tamaño nominal de los puentes del equipo y de unión principal en el lado de suministro de la acometida.** El puente de unión no debe ser de menor tamaño nominal que lo establecido en la Tabla 250-94 para los conductores del electrodo de puesta a tierra. Cuando los conductores de fase de entrada a la acometida sean de cobre de más de $557,38 \text{ mm}^2$ (1100 kcmils) o de aluminio de $886,75 \text{ mm}^2$ (1750 kcmils), el puente de unión debe tener un tamaño nominal no-inferior a 12,5% que el mayor conductor de fase excepto que, cuando los conductores de fase y el puente de unión sean de distinto material (cobre o aluminio), el tamaño nominal mínimo del puente de unión se debe calcular sobre la hipótesis del uso de conductores de fase del mismo material que el puente de unión y con una capacidad de conducción de corriente equivalente a la de los conductores de fase instalados.

Cuando se instalen conductores de entrada a la acometida en paralelo en dos o más cables o canalizaciones, el puente de unión de equipo, si está instalado junto con esos cables o canalizaciones, debe instalarse en paralelo.

El tamaño nominal del puente de unión de cada canalización o cable se debe calcular a partir del de los conductores de la acometida en cada cable o canalización.

El puente de unión de la canalización del conductor de un electrodo de puesta a tierra o cable blindado, como se indica en 250-92(b), debe ser del mismo tamaño nominal o mayor que el correspondiente conductor del electrodo de puesta a tierra. En sistemas de corriente eléctrica continua, el tamaño nominal del puente de unión no debe ser inferior al del conductor de puesta a tierra del sistema, tal como se especifica en 250-93.

e) Tamaño nominal del puente de unión del lado de la carga de la acometida. El puente de unión de equipo del lado de la carga de los dispositivos de sobrecorriente de la acometida no debe ser inferior al tamaño nominal que se indica en la Tabla 250-95. Se permite conectar con un solo puente de unión común continuo dos o más canalizaciones o cables, si el puente tiene un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95 para el mayor de los dispositivos de sobrecorriente que protege a los circuitos conectados al mismo.

Excepción: No es necesario que el puente de unión para equipo sea de mayor tamaño nominal que los conductores de los circuitos que suministran energía a los mismos, pero no debe ser inferior a $2,082 \text{ mm}^2$ (14 AWG).

f) Instalación del puente de unión de equipo. Se permite instalar el puente de unión de equipo dentro o fuera de una canalización o de un envolvente. Si se instala fuera, la longitud del puente no debe ser mayor de 1,8 m y debe ir junto con la canalización o envolvente. Cuando se instale dentro de la canalización, el puente de unión de equipo debe cumplir los requisitos establecidos en 250-114 y 310-12(b).

En muchas aplicaciones es necesario instalar puentes de conexión equipotencial de equipos en la parte exterior de las canalizaciones y envolventes metálicos.

Por ejemplo, no sería práctico instalar el puente de conexión equipotencial para una junta de dilatación de conduit en la parte interior del conduit. Para algunos sistemas de canalizaciones metálicas y conduit metálico rígido, y algunos sistemas de conduit en lugares (clasificados como) peligrosos, es recomendable instalar el puente de conexión equipotencial en donde sea visible y accesible para su inspección y mantenimiento. Un puente de conexión equipotencial externo tendrá una impedancia mayor que un puente de conexión equipotencial interno; sin embargo, al limitar la longitud a 1.83 m y encaminarla con la canalización, el aumento en la impedancia del circuito de puesta a tierra del equipo será insignificante. Por ejemplo, esta regla permite una longitud máxima de 1.83 m para un puente de conexión equipotencial tendido por fuera de un tramo de conduit metálico flexible, como se ilustra en la figura 250-79(a). Ya que la función de un puente de conexión equipotencial es evidente, no es necesaria identificación por colores.

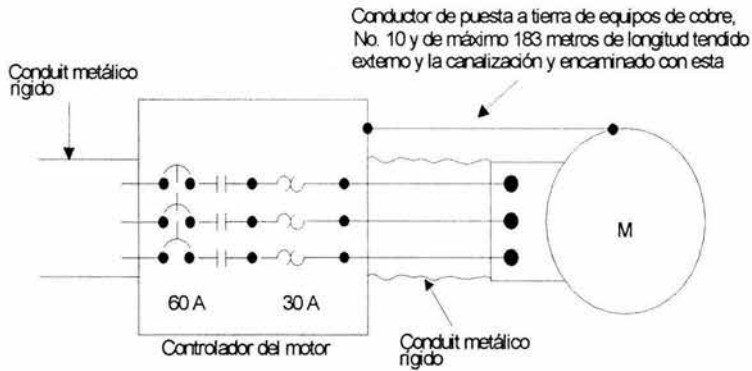


Figura 250-79(a).

La figura 250-79(a) ilustra la conexión equipotencial alrededor de la parte exterior del conduit metálico flexible.

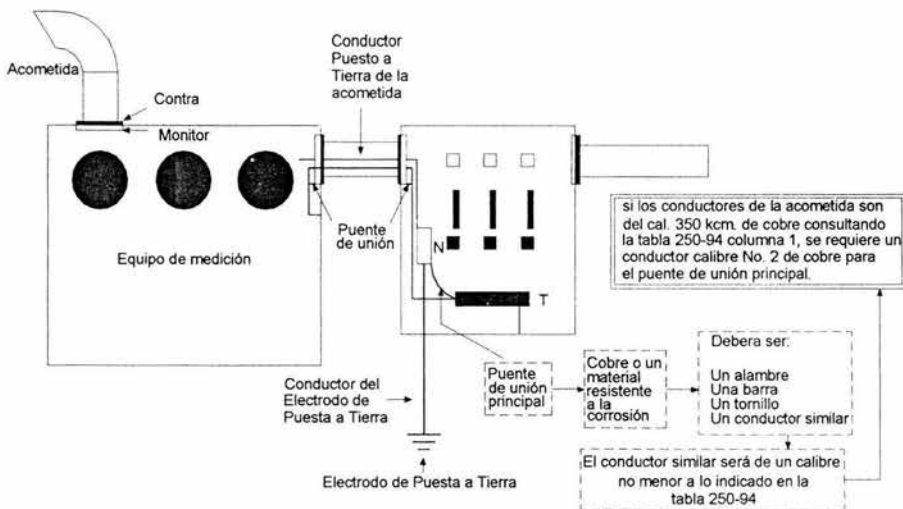


Figura 250-79 (b).

La figura 250-79 (b) muestra el puente de unión principal y del equipo en la acometida.

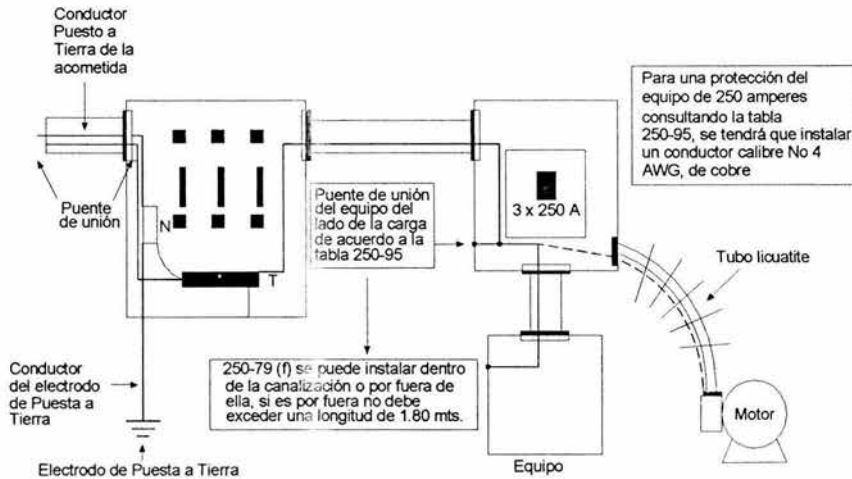


Figura 250-79 (c).

En la figura 250-79(c) se muestra el puente de unión del equipo del lado de la carga.

250-80. Puentes de unión de sistemas de tubería y de acero estructural expuesto.

a) Tubería metálica para agua. Un sistema de tubería interior metálica para agua se debe conectar al envolvente del equipo de acometida, al conductor de acometida puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga tamaño nominal suficiente o a uno o más de los electrodos de tierra de la instalación. El puente de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-94 y estar instalado según 250-92(a) y (b). Los puntos de unión del puente deben ser accesibles.

Conectar equipotencialmente el sistema de tubería metálica interior para transporte de agua, no es lo mismo que usar el sistema de tubería metálica para transporte de agua como un electrodo de puesta a tierra. Al hacer la conexión equipotencial al sistema de electrodo de puesta a tierra, se colocan los componentes conectados equipotencialmente al mismo nivel de tensión. Por ejemplo, una corriente de 2000 A través de un conductor de cobre No. 6 de 762.5 m de longitud produce una diferencia de tensión de aproximadamente 26 V. La sección 250-80 (a) exige que el sistema de tubería metálica interior para el transporte de agua y cualquier otro sistema de tubería metálica que se pueda llegar a energizar sean conectados equipotencialmente al equipo de acometida o al conductor del electrodo de puesta a tierra. El puente de conexión equipotencial no debe ser inferior al exigido en la tabla 250-94.

Cada caso se debe considerar independientemente; cuando no se pueda concluir razonablemente que las tuberías de agua caliente y fría están interconectadas en forma confiable, se requiere un puente de conexión equipotencial eléctrico para asegurar que se hace esta conexión. Los requisitos para instalación especial suministrados en las secciones 250-92(a), (b) y (c) también se exigen que para el puente de conexión equipotencial de la tubería de agua.

Excepción: En edificios de varios departamentos en los que el sistema interior de tubería metálica para agua de cada departamento esté aislado metálicamente de los demás por medio de tubería no-metálica, se permite que la tubería interior para agua de cada departamento vaya unida al panel de alumbrado y control o al envolvente del tablero de distribución de ese departamento (distinto del equipo de acometida). El tamaño nominal del puente de unión debe ser como se establece en la Tabla 250-95.

La intención de la sección 250-80 excepción, es reconocer que el incremento en el uso de redes de tubería no metálica para el transporte de agua hace que el sistema de tubería metálica interior de una edificación con inmuebles múltiples esté separado de la tierra. Por tanto, se permite que la tubería de agua este conectada equipotencialmente al panel de distribución que alimenta solamente ese inmueble particular; en este caso se permite dimensionar el puente de de conexión equipotencial, de acuerdo con la Tabla 250-95, con base en el tamaño del dispositivo de sobrecorriente principal que alimenta al inmueble.

Cuando exista un sistema derivado separadamente con electrodo de puesta a tierra, como se especifica en 250-26(c)(3), se debe conectar al conductor de puesta a tierra de cada sistema derivado en el punto más cercano posible del sistema de tubería interior metálica para agua de la zona a la que suministra energía el sistema derivado separadamente. El puente de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-94 y estar instalado según 250-92(a) y (b). Los puntos de unión del puente deben ser accesibles.

b) Otros sistemas de tubería metálica. Los sistemas interiores de tubería metálica que pueden quedar energizadas, deben conectarse al envolvente del equipo de acometida, al conductor de acometida puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga tamaño nominal suficiente o a uno o más de los electrodos de tierra de la instalación. El puente de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-95, usando la capacidad nominal del circuito que pueda energizar la tubería. Se permite utilizar como puente de unión el conductor de puesta a tierra de equipo del circuito que pueda energizar la tubería.

NOTA: Se puede tener mayor seguridad, si se une entre sí toda la tubería metálica y conductos de aire del edificio.

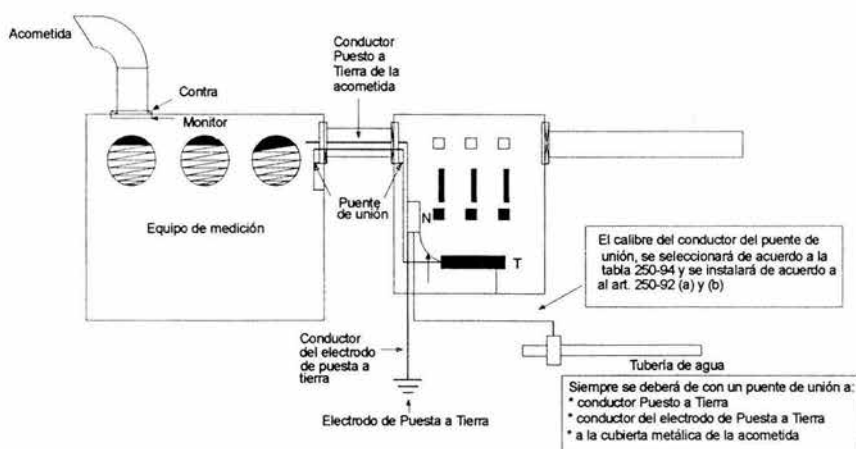


Figura 250-80).

En la figura 250-80 se muestra el puente de unión del equipo del lado de la carga.

c) Acero estructural. El acero estructural interior expuesto que se conecta para formar la estructura de acero de un edificio, que no se conecta intencionadamente a tierra y que puede quedar energizado, se debe conectar al envolvente del equipo de acometida, al conductor puesto a tierra de la acometida, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga tamaño nominal suficiente o a uno o más de los electrodos de tierra de la instalación. El puente de unión debe tener un tamaño nominal de acuerdo con lo indicado en la Tabla 250-94 e instalarse de acuerdo con lo establecido en 250-92(a) y (b). Los puntos de unión del puente deben ser accesibles.

La sección 250-80 (c) exige que el armazón metálico expuesto de la edificación no puesto a tierra intencional o inherentemente este conectado equipotencialmente al equipo de acometida o al sistema del electrodo de puesta a tierra.

CAPITULO 9. SISTEMA DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA.

250-81. Sistema de electrodos de puesta a tierra.

Si existen en la propiedad, en cada edificio o estructura perteneciente a la misma, los elementos (a) a (d) que se indican a continuación y cualquier electrodo prefabricado instalado de acuerdo con lo indicado en 250-83(c) y (d), se deben conectar entre sí para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra. Los puentes de unión se deben instalar de acuerdo con lo indicado en 250-92(a) y (b), deben dimensionarse según lo establecido en 250-94 y deben conectarse como se indica en 250-115.

Se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra sin empalmes llegue hasta cualquier electrodo de puesta a tierra disponible en el sistema de electrodos de puesta a tierra. Debe dimensionarse de acuerdo con el conductor para electrodo de puesta a tierra exigido entre todos los electrodos disponibles.

La figura 250-81 muestra un ejemplo de un sistema de electrodo de puesta a tierra. Obsérvese la ubicación del conductor de puesta a tierra.

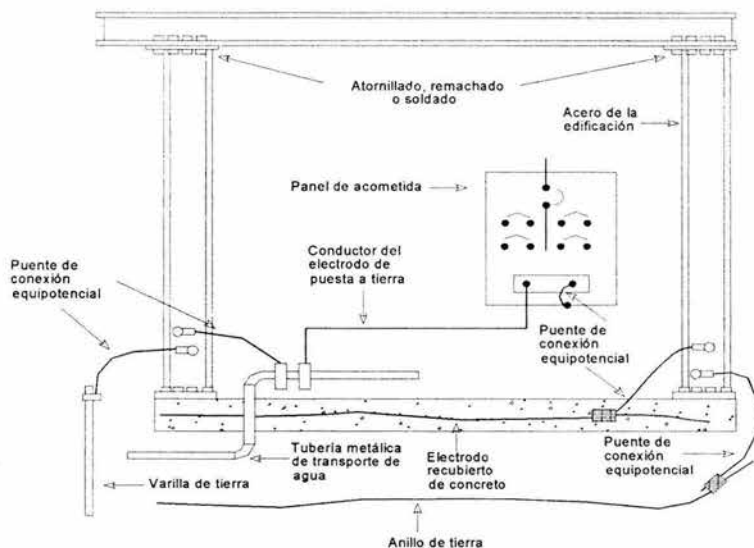


Figura 250-81.

La figura 250-81 muestra un ejemplo de electrodos conectados equipotencialmente para formar un sistema de electrodo de puesta a tierra.

Excepción 1: Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante conectores a presión aprobados y listados para este fin o mediante el proceso de soldadura exotérmica.

La tubería metálica interior para agua situada a más de 1,5 m del punto de entrada en el edificio, no se debe utilizar como parte de la instalación del electrodo de puesta a tierra o como conductor para conectar electrodos que formen parte de dicha instalación.

Excepción 2: En las construcciones industriales y comerciales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado atiende la instalación y la tubería metálica interior para agua que se vaya a utilizar como conductor esté expuesta en toda su longitud.

La sección 250-81 prohíbe el uso de la porción del sistema interior de tubería metálica para agua, que se extiende más de 1.52 m más allá del punto de entrada en la edificación, para interconectar los electrodos de puesta a tierra y el conductor del electrodo de puesta a tierra. Sin embargo, la excepción permite esta práctica siempre y cuando haya mantenimiento calificado y toda la longitud del tubo este expuesta.

NOTA: Para los requisitos especiales de conexión y puesta a tierra en edificios agrícolas, véase 547-8.

a) Tubería metálica subterránea para agua. Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente conectados a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante puenteo de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los puentes de unión. La continuidad de la tierra o de la conexión del puente de unión al interior de la tubería no se debe hacer a través de medidores de consumo de agua, filtros o equipos similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional del tipo especificado en 250-81 o 250-83. Se permite que este electrodo suplementario vaya conectado al conductor del electrodo de puesta a tierra, el conductor de la acometida puesto a tierra, la canalización de la acometida conectada a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesta a tierra.

Cuando este electrodo suplementario sea prefabricado como se establece en 250-83(c) o (d), se permite que la parte del puente de unión que constituya la única conexión con dicho electrodo suplementario no sea mayor que un cable de cobre de 13,3 mm² (6 AWG) o un cable de aluminio de 21,15 mm² (4 AWG).

Siempre ha existido incertidumbre en cuanto a si los sistemas de tubería metálica para transporte de agua se deberían usar como electrodos de puesta a tierra. Por lo tanto, desde hace muchos años la industria eléctrica y la de sistemas de abastecimientos de agua formaron un comité de todas las partes interesadas, para evaluar el uso de sistemas de tubería metálica subterránea para transporte de agua como electrodos de puesta a tierra. Con base en sus hallazgos, el comité expidió un reporte autorizado sobre esta materia. La international association of electrical inspectors publicó el informe, Intern Report of the American Research comite on grounding en enero de 1944 (reimpreso en marzo de 1949).

El national institute of Standards and Technology ha monitoreando la electrolisis de los sistemas metálicos debido a que un flujo de corriente en un electrodo de puesta a tierra en sistemas de c.c. puede causar el desplazamiento del metal. El resultado de este monitoreo ha mostrado que los problemas son mínimos.

La sección 250-50 (a) exige específicamente que la varilla, el tubo y los electrodos de placa usados para complementar la tubería metálica de agua se deben instalar de acuerdo con la sección 250-84. Esto aclara el hecho de que el sistema de electrodos suplementarios se debe instalar como si fuera el único electrodo de puesta a tierra del sistema. Cuando no se puede alcanzar una resistencia a tierra de 25 ohms con una varilla, tubo o placa, se debe colocar otro electrodo (diferente de la tubería metálica que se está completando). Uno de los métodos permitidos para conectar equipotencialmente un conductor del electrodo de puesta a tierra suplementario, al sistema del electrodo primario, es conectarlo al gabinete de la acometida.

Por ejemplo, si se usa un "electrodo fabricado", no se requiere que el calibre del puente de conexión equipotencial "único" entre el conductor puesto a tierra del equipo de acometida y una varilla de puesta a tierra, sea mayor que el 6 AWG de cobre o 4 AWG de aluminio.

El requisito de complementar la tubería metálica para transporte de agua se basa en la práctica de usar un tubo plástico como reemplazo cuando falla el tubo metálico original; esto deja el sistema sin un electrodo de puesta a tierra, a menos que se suministre un electrodo suplementario.

Excepción: Se permite que el electrodo suplementario vaya conectado al interior de la tubería metálica para agua en cualquier punto que resulte conveniente, como se explica en la Excepción 2 de 250-81.

b) Estructura metálica del edificio. La estructura metálica del edificio, cuando esté puesta a tierra eficazmente.

c) Electrodo empotrado en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no-menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a 21,15 mm² (4 AWG)

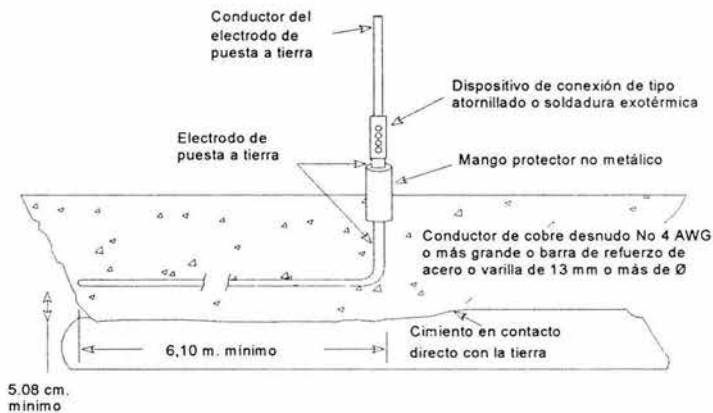


Figura 250-81(b).

La figura 250-81(b) presenta un ejemplo de un electrodo embebido en concreto

d) Anillo de tierra. Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no-inferior a 800 mm que conste como mínimo en 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a 33,62 mm² (2 AWG).

La sección 250-81 (d) exige que la tubería metálica subterránea para transporte de agua, el armazón metálico de la edificación, un electrodo embebido en concreto y un electrodo de tipo de anillo de masa se conecten equipotencialmente juntos, solamente cuando se encuentran disponibles para formar el sistema de electrodo de puesta a tierra, como se ilustra en la figura 250-81(c).

Si el único electrodo de puesta a tierra disponible es una tubería metálica subterránea para transporte de agua, debe estar complementada por uno de los electrodos a tierra en las secciones 250-81 o 250-83.

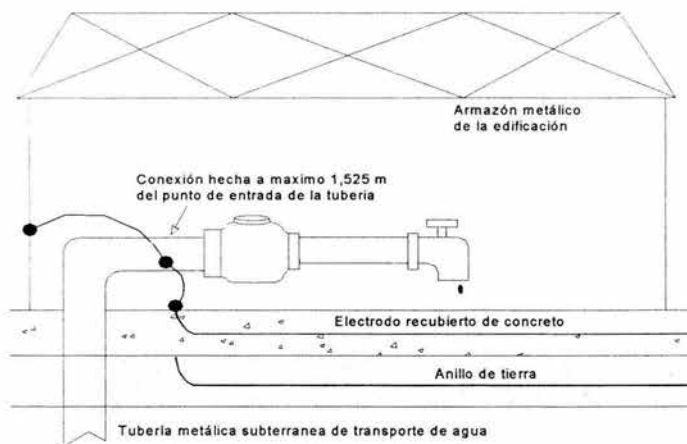


Figura 250-81(c).

La figura 250-81(c) muestra un sistema de electrodo de puesta a tierra.

250-83. Electrodo especialmente contruidos.

Cuando no se disponga de ninguno de los electrodos especificados en 250-81, se debe usar uno o más de los electrodos especificados en los incisos a continuación. Cuando sea posible, los electrodos contruidos especialmente se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente. Los electrodos especialmente contruidos deben estar libres de recubrimientos no-conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para el sistema de puesta a tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como varillas de pararrayos) no deben estar a menos de 1,8 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén efectivamente conectados entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

- a) **Sistema de tubería metálica subterránea de gas.** No se debe usar como electrodo de puesta a tierra un sistema de tubería metálica subterránea de gas.
- b) **Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos.** Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tubería y tanques subterráneos.
- c) **Electrodos de varilla o tubería.** Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:

- 1) Los electrodos consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 19 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.
- 2) Los electrodos de varilla de hierro o de acero deben tener como mínimo un diámetro de 16 mm. Las varillas de acero inoxidable inferiores a 16 mm de diámetro, las de metales no-ferrosos o sus equivalentes, deben estar aprobadas y tener un diámetro no-inferior a 13 mm.
- 3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2,4 m. Se debe clavar a una profundidad no-inferior a 2,4 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad.

El extremo superior del electrodo debe quedar a nivel del piso, excepto si el extremo superior del electrodo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daño físico, como se especifica en 250-117.

Todos los electrodos de tubo y varilla deben tener 2.44 m de longitud en contacto con el terreno, independientemente de que la base sea rocosa. Cuando se encuentra una base de roca, los electrodos se deben hincar con un ángulo máximo de 45°, o enterrar en una zanja de 0.765 m de profundidad. Las abrazaderas de tierra usadas en los electrodos enterrados deben estar certificadas para enterramiento directo en la tierra. Las abrazaderas de tierra instaladas sobre el suelo deben estar protegidas si están expuestas a daño físico.

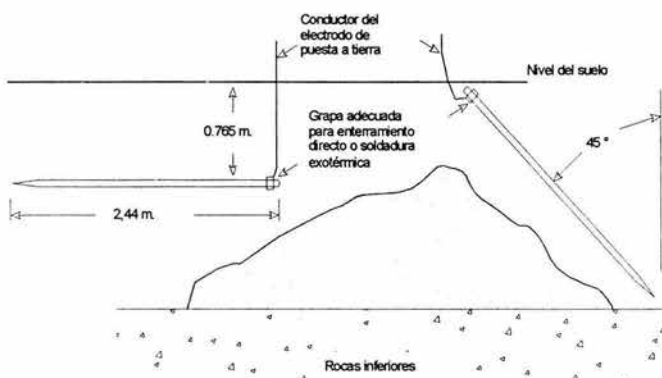


Figura 250-83(a).

La figura 250-83(a) muestra los requisitos de instalación de los electrodos de varilla y tubo como se especifican en la sección 250-83(c)(3).

d) Electrodo de placas. Los electrodos de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de $0,2 \text{ m}^2$ de superficie. Los electrodos de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de metales no-ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

e) Electrodo de aluminio. No está permitido utilizar electrodos de aluminio.

250-84. Resistencia de los electrodos fabricados.

Un electrodo único que consista en una varilla, tubería o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25Ω o menos, se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en 250-81 o 250-83. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tubos o placas para cumplir los requisitos de esta Sección se deben colocar a una distancia mínima de 1,83 m entre sí y deben estar efectivamente conectados entre sí.

NOTA: La instalación en paralelo de varillas de más de 2,4 m aumenta la eficiencia si se separan más de 1,8 m.

Un electrodo fabricado suplementario debe estar separado al menos 1.8 m de otro electrodo fabricado, vea la figura 250-84(a).

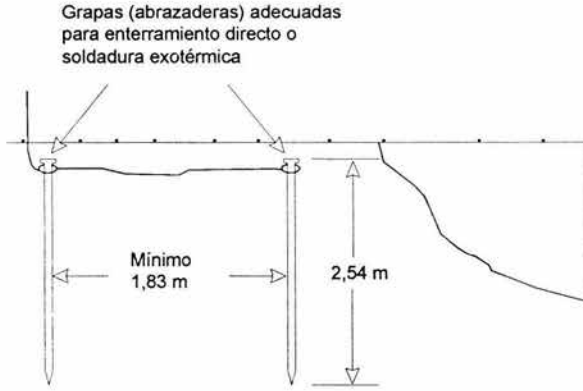


Figura 250-81(b).

La figura 250-81(b) presenta la separación de 1.83m entre electrodos, como se exige la sección 250-83 o 250-84.

La resistencia a tierra de un electrodo de puesta a tierra hincado se puede medir con un probador de tierra usado como se indica en la fig. 250-84 b.

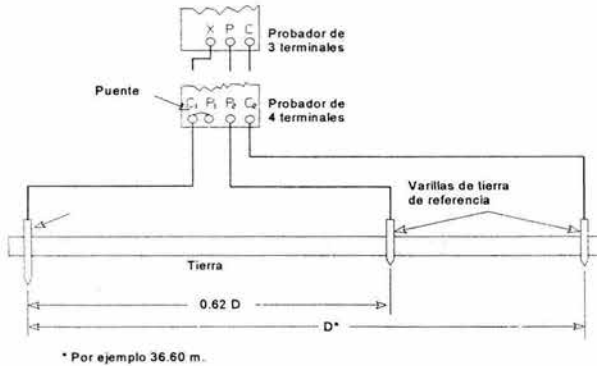


Figura 250-84(b).

La figura 250-84(b). muestra la manera de realizar la medición de la resistencia a tierra de una varilla con un equipo probador (megger de tierras).

250-86. Varillas de pararrayos.

No se deben usar conductores de puesta a tierra de los pararrayos ni tubos, varillas u otros electrodos fabricados utilizados para poner a tierra las bajadas de los pararrayos, en sustitución de los electrodos de tierra indicados en 250-83 para la puesta a tierra de sistemas eléctricos y de equipo. Esta disposición no impide cumplir los requisitos de conexión de los electrodos de puesta a tierra de diversos sistemas.

NOTA 1: Para la separación de los electrodos de los pararrayos, véase 250-46. Para la conexión de electrodos, véanse 800-40(d), 810-21(j) y 820-40(d).

NOTA 2: Si se interconectan todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, limitan la diferencia de potencial entre ellos y entre sus correspondientes sistemas de alambrado.

CAPITULO 10. CONDUCTORES DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA.

250-91. Materiales. Los materiales del conductor del electrodo de puesta a tierra se especifican en los siguientes incisos:

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre o aluminio. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que se pueda producir en la instalación, y debe estar adecuadamente protegido contra la corrosión. El conductor debe ser macizo o cableado, aislado, forrado o desnudo y debe ser de un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

Continuidad. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe instalar en una longitud continua sin empalmes o juntas, a menos que esté empalmado solamente por conectores irreversibles de tipo compresión certificados para este propósito, o por el proceso de soldadura exotérmica.

Con frecuencia es necesario empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra, para agregar equipo adicional. La sección 250-91(a) permite el empalme del conductor del electrodo de puesta a tierra mediante herrajes de tipo compresión irreversible o soldadura exotérmica. La intención es exigir una conexión permanente que no se afloje después de la instalación. Este permiso ya no se limita a lugares comerciales e industriales.

Excepción 1: Se permiten empalmes en barras conductoras.

Excepción 2: Cuando haya una acometida con más de un envolvente, como se permite en la Excepción 2 de 230-40, está permitido conectar derivaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra. Cada una de estas derivaciones debe llegar hasta el interior del envolvente. El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra debe estar de acuerdo con lo indicado en 250-94, pero los conductores de la derivación pueden tener un tamaño nominal de acuerdo con los conductores del electrodo de puesta a tierra especificados en 250-94, según el conductor de mayor tamaño nominal que entre en los respectivos envolventes. Los conductores de la derivación se deben conectar al conductor del electrodo de puesta a tierra de modo que este conductor no contenga ningún empalme o unión.

Se exige que los conductores (en derivación) de electrodos de puesta a tierra se dimensionen usando la Tabla 250-94 y que se basen en el calibre de los conductores de fase más grande que alimenta cada encerramiento. El conductor del electrodo de puesta a tierra se determina por el calibre del conductor más grande de entrada de la acometida o el área de la sección transversal equivalente para conductores paralelos de acuerdo con la Tabla 250-94. Como se ilustra en la figura 250.91(a), el método de derivación elimina las dificultades encontradas al conectar uno tras otro de los conductores de electrodo de puesta a tierra de un encerramiento a otro. Se exige que el conductor del electrodo de puesta a tierra No 2 se instale sin empalme o junta, excepto como se permite en la Sección 250-91(a).

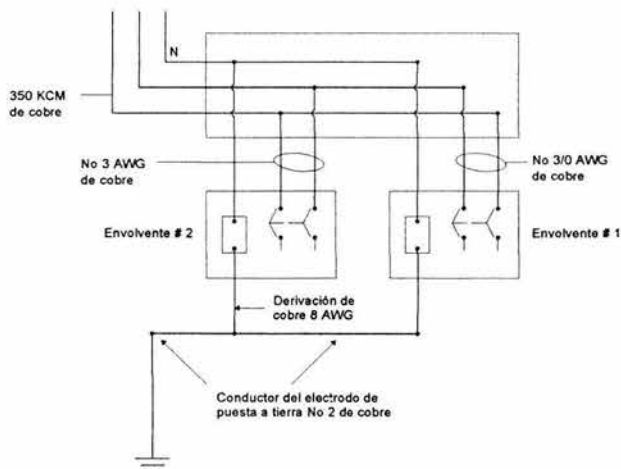


Figura 250-91(a).

La figura 250-91(a) ilustra el método de derivación, para la conexión de conductores del electrodo de puesta a tierra de un envolvente a otro.

Excepción 3: Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra por medio desconectores de presión del tipo irreversible aprobados y listados para ese fin o mediante un proceso de soldadura exotérmica.

b) Tipos de conductores para la puesta a tierra de equipo. El conductor de puesta a tierra de equipo tendido con los conductores del circuito o canalizado con ellos, debe ser de uno de los siguientes tipos o una combinación de varios de ellos: (1) un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser macizo o cableado, aislado, cubierto o desnudo y formar un cable o barra de cualquier forma; (2) un tubo (conduit) metálico tipo pesado; (3) un tubo (conduit) metálico tipo semipesado; (4) un tubo (conduit) metálico tipo ligero; (5) un tubo (conduit) metálico flexible, si tanto el tubo (conduit) como sus accesorios están aprobados y listados para puesta a tierra; (6) la armadura de un cable de tipo AC; (7) el blindaje de cobre de un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral; (8) el blindaje metálico de los conductores con blindaje metálico y los conductores de puesta a tierra que sean cables de tipo MC; (9) los soportes para cables tipo charola, tal como se permite en 318-3(c) y 318-7; (10) cableductos, tal como se permite en 365-2(a); (11) otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, aprobadas para usarse para puesta a tierra.

La figura 250.91(b) presenta un ejemplo de los diferentes diámetros de conduit metálico que encierra los conductores del circuito usados como conductores de puesta a tierra de equipos, como se aplican a un sistema de acometida y alimentador.

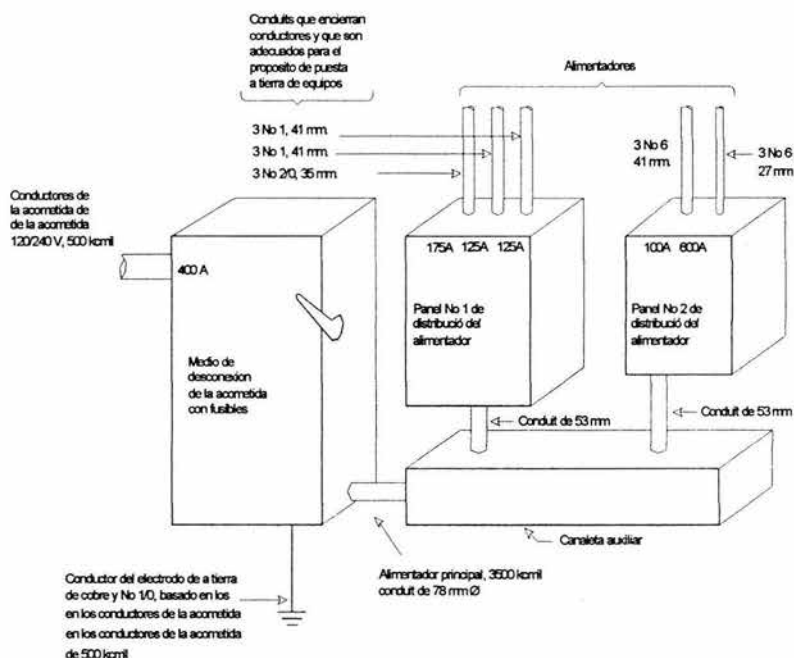


Figura 250-91(b).

la figura 250-91(b) ilustra un ejemplo de los diferentes diámetros de conduit metálico que encierra los conductores del circuito usados como conductores de puesta a tierra de equipos, como se aplican a un sistema de acometida y alimentador.

Excepción 1: Cuando los conductores de un circuito, como los contenidos en este Artículo, estén protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos, se permiten como medios de puesta a tierra de esos circuitos a tubo (conduit) metálico flexible y tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos de tamaños nominales de 10 a 35 mm, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que la longitud sumada del tubo (conduit) metálico flexible y del tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos en el mismo tramo de retorno de tierra, no sea superior a 1,8 m.

b. Que el tubo (conduit) termine en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra.

Excepción 2: Cuando los conductores de un circuito contenidos en ellos estén protegidos por dispositivos de sobrecorriente de más de 20 A nominales, pero que no excedan de 60 A, se permite utilizar como medios de puesta a tierra de esos circuitos al tubo (conduit) metálico flexible y hermético a los líquidos aprobado y listado en diámetros nominales 19 a 32 mm, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que la longitud total del tubo (conduit) metálico flexible del tramo de retorno de tierra, no sea superior a 1,8 m.

b. Que no haya otro tubo (conduit) metálico flexible o tubo (conduit) metálico flexible hermético a los líquidos de tamaños nominales de 10 a 35 mm que sirva como conductor de puesta a tierra de equipo en el mismo tramo de retorno de tierra.

c. Que el tubo (conduit) termine en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra.

c) **Puesta a tierra suplementaria.** Se permiten electrodos suplementarios de puesta a tierra para aumentar los conductores de puesta a tierra de equipo especificados en 250-91(b), pero el terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

250-92. Instalación. Los conductores de puesta a tierra se deben instalar como se especifica en los siguientes incisos:

a) **Conductor del electrodo de puesta a tierra.** Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre o aluminio de 21,15 mm² (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daño físico severo. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm² (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no-metálico tipo pesado o un cable armado.

Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm² (6 AWG) deben alojarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (conduit) no-metálico tipo pesado o en cable armado.

No se deben usar como conductores de puesta a tierra, conductores aislados o desnudos de aluminio que estén en contacto directo con materiales de albañilería o terreno natural o si están sometidos a condiciones corrosivas. Cuando se utilicen a la intemperie, los conductores de puesta a tierra de aluminio no se deben instalar a menos de 45 cm del terreno natural.

b) **Envolventes para conductores del electrodo de puesta a tierra.** Las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envolventes o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra. Las envolventes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envolvente o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas mediante un puente de unión de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra. Cuando se utilice una canalización como protección del conductor de puesta a tierra, su instalación debe cumplir los requisitos del Artículo correspondiente a las canalizaciones.

Se exige que los puentes de conexión equipotencial instalados para asegurar la continuidad eléctrica de las envolventes metálicas estén dimensionados de acuerdo con la Sección 250-79(d). Véase la figura 250-92(a) que ilustra la conexión equipotencial en ambos extremos de una canalización metálica a un conductor del electrodo de puesta a tierra, para asegurar que la canalización y el conductor están en paralelo.

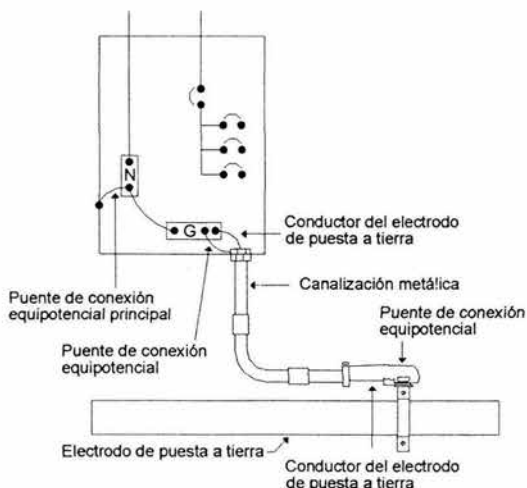


Figura 250-92 (a)

La figura 250-92 (a) Conexión equipotencial de una canalización metálica que contiene un conductor del electrodo de puesta a tierra a ambos extremos del conductor.

c) Conductor de puesta a tierra de equipo. Un conductor de puesta a tierra de equipo se debe instalar como sigue:

1) Cuando consista en una canalización, un soporte para cables tipo charola, armadura o forro de cables o cuando sea un conductor dentro de una canalización o cable, se debe instalar cumpliendo las disposiciones aplicables de esta NOM usando accesorios para uniones y terminales que estén aprobados para usarlos con el tipo de canalización o cable utilizados. Todas las conexiones, uniones y accesorios se deben fijar firmemente con los medios adecuados.

2) Cuando haya un conductor independiente de tierra de equipo, como establece la Excepción de 250-50(a) y (b) y la Excepción 2 de 250-57(b) se debe instalar de acuerdo con lo indicado en el inciso (a) anterior en lo que respecta a las limitaciones del aluminio y a la posibilidad de daño físico.

250-94. Tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de c.a.

El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.a. puesta o no puesta a tierra, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-94.

Excepción:

a. Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en la sección 250-83(c) o (d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo, sea superior a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.

- b. Cuando esté conectado a un electrodo empotrado en concreto, como se indica en 250-81(c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo sea superior a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.
- c. Cuando esté conectado a un anillo de tierra como se indica en 250-81(d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo sea de mayor tamaño nominal que el conductor utilizado en el anillo de tierra.

Como se ilustra en la Figura 250-94(a), si se tiende un conductor del electrodo de puesta a tierra desde el equipo de acometida. O sistema derivado separadamente a una tubería de agua o elemento metálico estructural de la edificación, y desde ese punto a uno de los electrodos mencionados en la Sección 250-94(exp. a), esa porción del conductor del electrodo de puesta a tierra entre el equipo de acometida, o sistema derivado separadamente, y la tubería de agua o elemento metálico estructural de la edificación, debe ser un conductor de calibre pleno de acuerdo con la tabla 250-94. Si el conductor del electrodo de puesta a tierra del equipo de acometida estuviera tendido, por ejemplo, a la varilla de puesta a tierra primero y luego a la tubería de agua, el conductor a la varilla de tierra también tendría que ser de calibre total de acuerdo con la tabla 250-94. Obsérvese que la figura 250-94 (a), no tiene como fin mostrar la trayectoria física y la conexión de los puentes de conexión equipotencial.

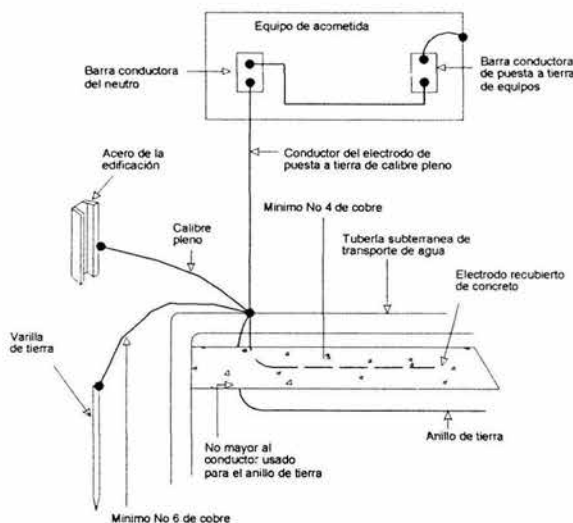


Figura 250-94(a).

La figura 250.94(a) ilustra el dimensionamiento del conductor de puesta a tierra, de acuerdo con la sección 250-94

Tabla 250- 94. Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de c.a.

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm ² (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm ² (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,62 (2) o menor	53,48 (1/0) o menor	8,367 (8)	13,3 (6)
42,41 o 53,48 (1 o 1/0)	67,43 o 85,01 (2/0 o 3/0)	13,3 (6)	21,15(4)
67,43 o 85,01 (2/0 o 3/0)	4/0 o 250 kcmil	21,15(4)	33,62 (2)
Más de 85,01 a 177,3 (3/0 a 350)	Más de 126,7 a 253,4 (250 a 500)	33,62 (2)	53,48 (1/0)
Más de 177,3 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253 a 456,04 (500 a 900)	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1100)	Más de 456,04 a 886,74 (900 a 1750)	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
Más de 557,38 (1100)	Más de 886,74 (1750)	85,01 (3/0)	126,7 (250)

250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Pero no se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos que alimentan al circuito.

Cuando haya conductores en paralelo en varias canalizaciones o cables, como se permite en 310-4, el conductor de puesta a tierra de equipo, cuando exista, debe estar instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipo instalado en paralelo debe tener un tamaño nominal seleccionado sobre la base de la corriente eléctrica nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable, según la Tabla 250-95.

En cada canalización de un conjunto de canalizaciones que encierran conductores de fase en paralelo es necesario un conductor de puesta a tierra de equipo de calibre pleno (sin ninguna reducción del calibre), para evitar sobrecarga y posible quemadura del conductor de puesta a tierra, si ocurriera una falla a tierra a lo largo de uno de los ramales en paralelo. Las condiciones de instalación para los conductores en paralelo, establecidas en la Sección 310-4, dan como resultado la distribución proporcional del régimen tiempo-corriente entre los diversos conductores de puesta a tierra en paralelo, solamente para condiciones de sobrecorriente aguas abajo del conjunto en paralelo.

Este requisito es aplicable también a cables que están instalados en paralelo; puesto que los conjuntos de cables se fabrican en configuraciones de calibres estándar de conductor, el conductor de puesta a tierra de equipos en un cable está dimensionado apropiadamente para algunas disposiciones de circuitos.

Sin embargo, cuando el cable se usa en circuitos en paralelo de gran capacidad es posible que el conductor de puesta a tierra de equipos en cada cable no este dimensionado de acuerdo con la Tabla 250-95. Para enfrentar este problema la sección 250-95 permite que el dimensionamiento del conductor de puesta a tierra de equipos dentro de un cable multiconductor este basado en el ajuste de disparo de un dispositivo contra falla a tierra de equipos. El uso de este método de protección se permite solamente cuando el mantenimiento y reparación de la instalación sean realizados por personal calificado, y que el dispositivo contra falla a tierra este certificado específicamente para este propósito. El ajuste de disparo del GFPE no puede exceder la capacidad de corriente de un solo conductor no puesto a tierra instalado en uno de los cables en paralelo. Así se evitará la necesidad de fabricar cables multiconductores con conductores de puesta a tierra de equipos que estén dimensionados para una configuración específica de circuito en paralelo.

La figura 250-95(a) muestra un conjunto paralelo de dos conduits no metálicos instalados bajo la tierra. Por claridad, se presenta una diagrama de una línea con conductores de puesta a tierra de equipos; una falla a tierra en el envolvente hará que el conductor de puesta a tierra a tierra de equipos en el conduit No 1, porte más de su contribución proporcional de corriente de falla. Obsérvese que la falla es alimentada por dos conductores diferentes de la misma fase, uno desde la izquierda y el otro desde la derecha. La trayectoria más corta y de más baja impedancia a tierra desde la falla al panel de distribución de alimentación es a través del conductor de puesta a tierra de equipos, en el conduit No1. La trayectoria de puesta a tierra desde la falla y a través del conduit No 2 es más larga y de impedancia más alta.

Por lo tanto, el conductor de puesta a tierra de equipos en cada canalización debe tener la capacidad de portar una porción más grande de corriente de falla sin empezar un incendio.

La figura 250-95(b) ilustra las disposiciones de la Sección 250-95 para cables multiconductores usados en una disposición de circuitos paralelos. El conductor de puesta a tierra en cada cable está dimensionado a partir de la tabla 250-95, con base en el ajuste de disparo del dispositivo de GFPE. El ajuste no puede exceder la capacidad de corriente de un solo conductor no puesto a tierra, contenido dentro del cable multiconductor.

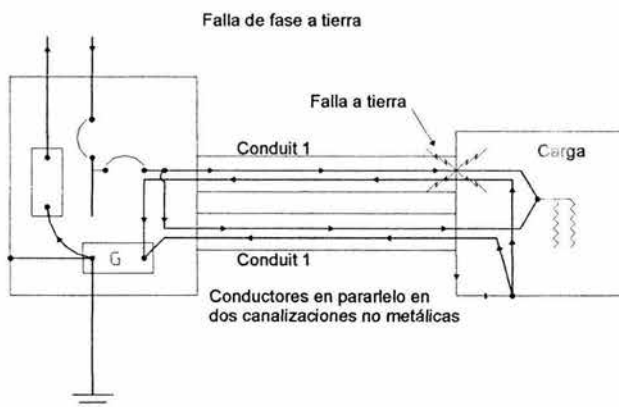


Figura 250-95(a)

La figura 250-95(a) indica trayectorias de puesta a tierra para una falla a tierra en la carga alimentada por conductores en paralelo, en dos canalizaciones no metálicas que ilustran la justificación del requisito de la Sección 250-95.

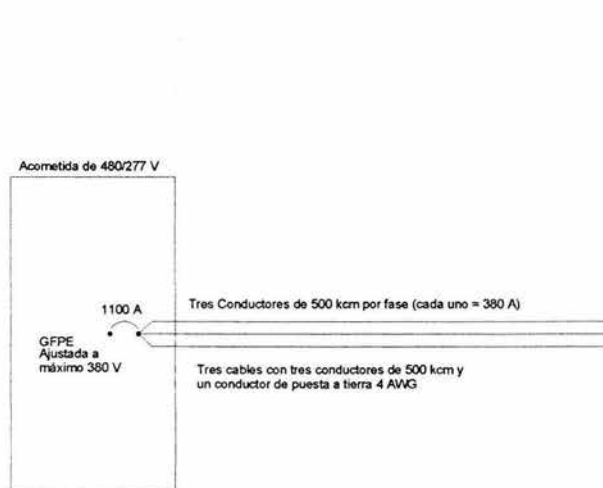


Figura 250-95(b).

La figura 250-95(b) indica el uso del equipo de protección contra fallas a tierra con cables multiconductores instalados en paralelo.

Cuando se instale protección de falla a tierra del equipo, se permitirá que cada conductor de puesta a tierra del equipo en paralelo en un cable multiconductor, esté dimensionado de acuerdo con la Tabla 250-95, con base en la capacidad nominal de disparo de la protección de fallas a tierra, si se cumple con las siguientes condiciones:

- 1) Las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguran que solamente personas calificadas prestaran servicio técnico a la instalación.
- 2) El equipo de protección de fallas a tierra se ajusta para disparar como máximo a la capacidad de corriente de un solo conductor no puesto a tierra, de uno de los cables en paralelo.
- 3) La protección de fallas a tierra está certificada para ese propósito.

Cuando se usen varios grupos de conductores de entrada a la acometida, como permite la Sección 230-40 Excepción 2, la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida se debe calcular por la mayor suma de las secciones transversales de los conductores de cada grupo. Cuando no haya conductores de entrada a la acometida, la sección transversal del conductor al electrodo de puesta a tierra se debe calcular por la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida de acuerdo con la corriente eléctrica de carga calculada. Véanse las restricciones de instalación en 250-92(a).

NOTA: Para el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de una instalación de c.a. conectado con el equipo de la acometida, véase 250-23(b).

Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo, cuando deban instalarse, se deberán ajustar proporcionalmente según el área en mm^2 de su sección transversal.

Los conductores de puesta a tierra de equipos en el lado de la carga de los dispositivos de sobrecorriente del medio de desconexión de la acometida se dimensiona con base en el tamaño de los dispositivos de sobrecorriente que se encuentran antes que ellos. Cuando se aumenta el calibre de los conductores no puestos a tierra para compensar la caída de tensión, los conductores de puesta a tierra de equipos también se deben incrementar proporcionalmente.

Ejemplo

Una carga de 220 V, monofásica, de 250 A, es alimentada desde un interruptor de 300 A localizado en el panel de distribución a 150 m de esta. Los conductores son de 250 KCM, con conductor de cobre No 4 AWG para puesta a tierra de equipos.

Los conductores por caída de tensión se incrementan a 350 KCM; por lo tanto, el conductor de puesta a tierra de equipos se debe incrementar como sigue.

$$350 \text{ kcm}(177,34 \text{ mm}^2) / 250 \text{ kcm} (126,67 \text{ mm}^2) = 1.4$$

Si realizamos la operación $1.4 \times 4 \text{ AWG}(21,15 \text{ mm}^2) = 29,61 \text{ mm}^2$. Consultando la Tabla 10-5 del Capítulo 10 encontramos que $29,61 \text{ mm}^2$ se convierten en un conductor de cobre 2 AWG para puesta a tierra de equipos.

Quando sólo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo (conduit) o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo (conduit) o cable.

Un solo conductor de puesta a tierra de equipos requiere estar dimensionado para el mayor dispositivo de sobrecorriente y no requiere estar dimensionado para el compuesto de todos los circuitos en la canalización. No se prevé que todos los circuitos desarrollen fallas al mismo tiempo.

Ejemplo

Tres circuitos trifásicos en la misma canalización, protegidos por dispositivos de sobrecorriente con una capacidad nominal de 30, 60 y 100 A, requerirían solamente un conductor de puesta a tierra a equipos dimensionados de acuerdo con el mayor dispositivo de sobrecorriente (en este caso, 100 A). Por lo tanto, según la Tabla 250-95 se requiere un conductor de cobre 8 AWG o un conductor de aluminio o de aluminio revestido en cobre 6 AWG.

Si el dispositivo de sobrecorriente consiste en un interruptor automático de disparo instantáneo o un protector de motor contra cortocircuitos, como se permite en 430-52, el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de equipo se puede seleccionar de acuerdo con la capacidad nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecorriente, pero no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Excepción 1: Un conductor de puesta a tierra de equipo no inferior a $0,8235 \text{ mm}^2$ (18 AWG) de cobre y no menor al tamaño nominal de los conductores del circuito y que forme parte de cables de aparatos eléctricos, según se establece en 240-4.

Excepción 2: No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo sea de mayor tamaño nominal que el de los conductores de los alimentadores de equipo.

Excepción 3: Cuando se use como conductor de puesta a tierra de equipo un tubo (conduit) o armadura o blindaje de cable, como se establece en 250-51, 250-57(a) y 250-91(b).

Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.

Capacidad de ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos canalizaciones etc.	Tamaño nominal mm^2 (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	---
20	3,307(12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15(4)
300	21,15(4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41(1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41(1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37(800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37(800)	608 (1200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

Nota: Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

250-97. Alumbrado de realce. Las partes metálicas aisladas y por las que no pasa corriente eléctrica normalmente de las instalaciones de alumbrado de realce, se permite que estén puenteadas mediante un conductor de $2,082 \text{ mm}^2$ (14 AWG) de cobre protegido contra daño físico, cuando un conductor que cumple con lo establecido en 250-95 se use como conductor de puesta a tierra de todo el grupo.

250-99. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo

a) Conexiones removibles. Cuando se usen conexiones removibles, como las que se usan en equipo removible o en clavijas y sus respectivos receptáculos, el conductor de puesta a tierra de equipo debe ser diseñado, para que sea la primera que conecta y la última que desconecta a este conductor.

Excepción: Equipo, receptáculos, bases y conectadores interconectados que impiden el paso de corriente eléctrica sin continuidad de la puesta a tierra del equipo.

b) Desconectores. En el conductor de puesta a tierra de equipo de la instalación de un sistema de alumbrado de usuarios, no se debe instalar ningún medio de desconexión o de interrupción, manual o automático.

Excepción: Cuando la apertura del desconector o cortacircuitos desconecte todas las fuentes de alimentación.

CAPITULO 11. CONEXIONES DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA.

250-112. Al electrodo de puesta a tierra. La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo correspondiente, debe ser accesible y estar hecha de tal manera que asegure una puesta a tierra eficaz y permanente. Cuando sea necesario asegurar esta conexión a una instalación de tubería metálica utilizada como electrodo de puesta a tierra, se debe hacer un puente de unión efectivo alrededor de las juntas y secciones aisladas y alrededor de cualquier equipo que se pueda desconectar para su reparación y sustitución. Los conductores del puente de unión deben ser lo suficientemente largos como para permitir el desmontaje de dichos equipos, manteniendo la integridad de la conexión.

Excepción: No es necesario que sea accesible una conexión en un envolvente o enterrada con un electrodo de puesta a tierra empotrado en concreto, hundido o enterrado.

Si para la terminación de un conductor del electrodo de puesta a tierra se usa la porción expuesta de un electrodo embebido, hincado o enterrado, se requiere que las terminaciones estén accesibles. Sin embargo, si la conexión está enterrada o embebida, no se requiere que sea accesible. Obsérvese que las abrazaderas de tierra y otros conectores adecuados para su uso cuando estén enterrados en la tierra o embebidos en concreto deben estar certificados para este uso, ya sea por una marca en el conector o una etiqueta unida al conector. Véanse las figuras 250-112 (a) y 250-112 (b) para las ilustraciones de los electrodos embutidos y enterrados.

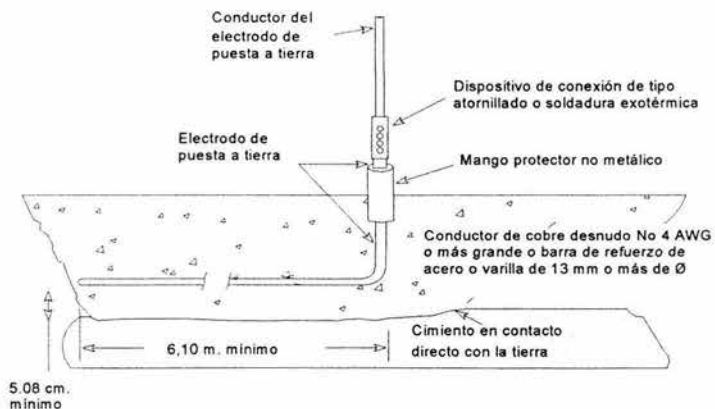


Figura 250-112(a).

La figura 250-122(a) presenta un ejemplo de un electrodo embebido en concreto.



Figura 250-112(b).

La figura 250-112(b) presenta la separación de 1,83m entre electrodos, como se exige la sección 250-83 o 250-84.

250-113. A los conductores y equipo. Los conductores de puesta a tierra y los cables de puentes de unión se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectadores a presión aprobados y listados, abrazaderas u otros medios también aprobados y listados. No se deben usar medios o herrajes de conexión que sólo dependan de soldadura. Para conectar los conductores de puesta a tierra a los envolventes no se deben usar pijas.

250-114. Continuidad y conexión de los conductores de puesta a tierra de equipo a cajas. Cuando entren en una caja o tablero dos o más conductores de puesta a tierra de equipo, todos esos conductores se deben empalmar o unir dentro de la caja o a la caja, con accesorios adecuados a ese uso. No se deben hacer conexiones que dependan únicamente de soldadura. Los empalmes se deben hacer según se indica en 110-14(b), excepto el aislamiento, que no es necesario. La instalación de las conexiones de tierra se debe hacer de forma tal que la desconexión o desmontaje de una conexión, aparato eléctrico u otro dispositivo que reciba energía desde la caja, no impida ni interrumpa la continuidad a tierra.

Excepción: No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo, tal como se permite en la Excepción 4 de 250-74, esté conectado a los otros conductores de puesta a tierra de equipo ni a la caja.

a) Cajas metálicas. Se debe hacer una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de equipo y la caja metálica, por medio de un tornillo de tierra que no debe utilizarse para otro uso o de un dispositivo aprobado y listado para puesta a tierra.

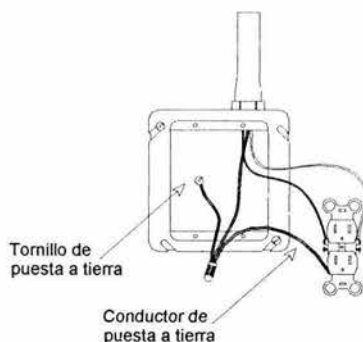


Figura 250-114(a).

La figura 250-114(a) ilustra la fijación de un conductor de puesta a tierra de equipos a una caja metálica.

b) Cajas no metálicas. Cuando lleguen a una caja de empalmes no-metálica uno o más conductores de puesta a tierra de equipo, se deben instalar de manera que se puedan conectar a cualquier herraje o dispositivo de la caja que se deba poner a tierra.

250-115. Conexión a los electrodos. El conductor de puesta a tierra de equipo se debe conectar al electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica, zapatas, conectadores a presión, abrazaderas u otros medios aprobados y listados. No se deben usar conexiones que dependan únicamente de la soldadura. Las abrazaderas de tierra deben estar aprobadas y listadas para el material del electrodo de puesta a tierra y para el conductor del electrodo de puesta a tierra y, cuando se usen en tubería, varillas u otros electrodos enterrados, deben estar también aprobadas y listadas para su uso enterradas directamente en el terreno natural. No se debe conectar al electrodo de puesta a tierra con la misma abrazadera o accesorio más de un conductor, excepto si la abrazadera o accesorio está aprobada(o) y listada(o) para usarla con varios conductores. La conexión debe hacerse por uno de los métodos explicados en los siguientes incisos:

- a) **Abrazadera sujeta con pernos.** Abrazadera aprobada de latón o bronce fundido o hierro dulce o maleable.
- b) **Accesorios y abrazaderas para tubería.** Un accesorio, abrazadera u otro mecanismo aprobado, sujeto con pernos a la tubería o a sus conexiones.
- c) **Abrazadera de tierra de tipo solera.** Una abrazadera de tierra aprobada y listada de tipo solera, con una base de metal rígido que asiente en el electrodo y con una solera de un material y dimensiones que no sea probable que cedan durante o después de la instalación.
- d) **Otros medios.** Otros medios sustancialmente iguales a los descritos y aprobados.

Cuando se usa una abrazadera a tierra, y se conecta en una tubería galvanizada para transporte de agua, se requiere que sea de un material compatible con el acero, con el fin de evitar la corrosión. El mismo tipo de requisito de compatibilidad se aplica a las abrazaderas de tierra en tubería de cobre para el transporte de agua.

La figura 250-115 (a) muestra una abrazadera certificada de tierra, generalmente usada con conductores de electrodos de puesta a tierra desde el No. 8 hasta el No. 4, también son aceptables las soldaduras exotérmicas, se consiguen juegos comerciales de los materiales y herramientas para este propósito.

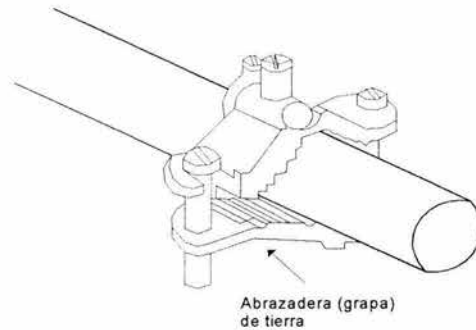


Figura 250-115 (a).

En la figura 250-115 (a) muestra la aplicación de una abrazadera certificada de tierra.

La figura 250-115 (b) ilustra una abrazadera certificada de tierra con perno en U. Estas abrazaderas están disponibles para todos los tamaños de tubería y todos los calibres de conductores del electrodo de puesta a tierra. Cuando los conductores del electrodo de puesta a tierra están tendidos en el conduit, las campanas de conduit se pueden atornillar a la porción roscada del perno en U.

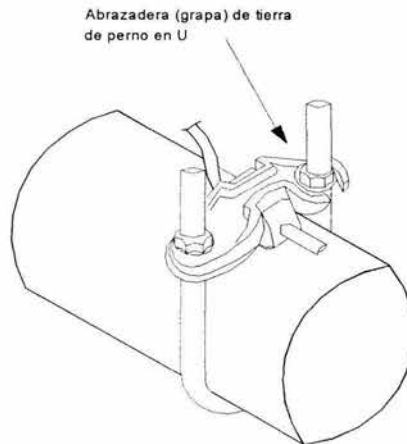


Figura 250-115 (b).

La figura 250-115 (b) ilustra la aplicación de una abrazadera certificada de tierra con perno en U.

250-117. Protección de las uniones. Las abrazaderas u otros accesorios para puesta a tierra deben estar aprobados para su uso general sin protección o protegerse contra daño físico, como se indica en los siguientes incisos:

- a) **Sin daños probables.** Se deben instalar en lugares donde no sea probable que sufran daño.
- b) **Con una cubierta protectora.** Dentro de una cubierta protectora metálica, de madera o equivalente.

250-118. Superficies limpias. Se deben eliminar de las roscas y de otras superficies de contacto de equipo que se conecten a tierra, las capas no-conductoras (como pinturas, barnices y lacas), para asegurar la continuidad eléctrica, o conectarlos por medio de accesorios hechos de tal modo que hagan innecesaria dicha operación.

250-119. Identificación de las terminales de los dispositivos de puesta a tierra. Las terminales de conexión de los conductores de puesta a tierra de equipo se deben identificar (1) mediante un tornillo terminal de cabeza hexagonal pintada de verde, que no se pueda quitar fácilmente; (2) mediante una tuerca terminal hexagonal pintada de verde, que no se pueda quitar fácilmente o (3) mediante un conector a presión pintado de verde. Si la terminal del conductor de puesta a tierra no es visible, se debe marcar el orificio de entrada del cable de tierra con la palabra "verde" o "puesta a tierra", con las letras "V" o "T" o con el símbolo de puesta a tierra No. 5019 de la Comisión Electrotécnica Internacional o de cualquier otro modo en color verde.

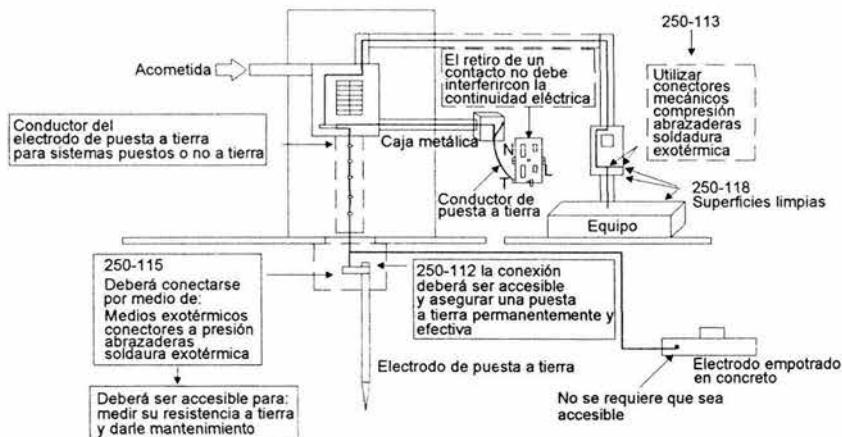


Figura 250-119(a).

En la figura 250-119 se muestra las conexiones del conductor de puesta a tierra.

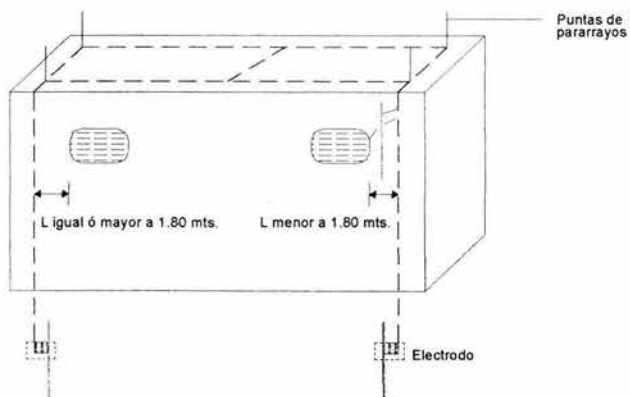


Figura 250-119(b).

En la figura 250-119 ilustra la separación de conductores de pararrayos de tuberías u objetos no eléctricos.

CAPITULO 12. TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS, RELÉS, ETCÉTERA

250-121. Circuitos para transformadores de instrumentos. Los circuitos del secundario de transformadores de corriente y de potencial para instrumentos de medición deben ponerse a tierra cuando el devanado del primario vaya conectado a circuitos de 300 V o más a tierra. Se deben poner a tierra en los tableros de distribución, independientemente del valor de la tensión eléctrica.

Excepción: Los circuitos en los que el devanado del primario va conectado a circuitos de menos de 1000 V sin partes o cables expuestos ni accesibles más que a personas calificadas.

250-122. Carcasas de los transformadores de instrumentos. Las carcasas o armazones de transformadores de instrumentos se deben poner a tierra siempre que sean accesibles a personas no-calificadas.

Excepción: Carcasas o armazones de transformadores de instrumentos cuyos primarios no tengan más de 150 V a tierra y que se utilicen exclusivamente para alimentar medidores.

250-123. Carcasas de instrumentos, medidores y relés a menos de 1000 V. Los instrumentos, medidores y relés que funcionen con devanados o partes a menos de 1000 V, se deben poner a tierra como se especifica en los siguientes incisos:

a) Fuera de los tableros de distribución. Los instrumentos, medidores y relés que funcionen con devanados o partes que no estén situados en tableros de distribución y que funcionen con devanados o partes a 300 V o más a tierra y accesibles a personas no-calificadas, deben tener las carcasas y otras partes metálicas expuestas conectadas a tierra.

b) En los tableros de distribución de frente muerto. Los instrumentos, medidores y relés (ya sea que funcionen conectados con transformadores de corriente y potencial o conectados directamente a su circuito), en tableros de distribución de frente muerto, deben tener sus carcasas puestas a tierra.

c) En los tableros de distribución de frente vivo. Los instrumentos, medidores y relés (ya sea que funcionen conectados con transformadores de corriente y potencial o conectados directamente a su circuito), en tableros de distribución que tengan partes energizadas en la parte frontal de los mismos, no deben tener sus carcasas puestas a tierra. Cuando la tensión eléctrica a tierra exceda de 150 V, debe haber tapetes de hule u otro material aislante para las personas que manipulen el tablero de distribución.

250-124. Carcasas de instrumentos, contadores y relés que funcionan a 1 kV y más. Cuando los instrumentos, medidores y relés contengan partes conductoras a 1 kV o más a tierra, se deben separar elevándolas o protegiéndolas por medio de barreras adecuadas puestas a tierra en las partes metálicas o cubiertas aislantes o protectores aislantes. Sus carcasas no se deben poner a tierra.

Excepción: Las carcasas de detectores electrostáticos de tierra cuando las partes internas del instrumento puestas a tierra vayan conectadas a la carcasa del instrumento y puestas a tierra y el detector esté aislado mediante elevación.

250-125. Conductor de puesta a tierra de los instrumentos. El conductor de puesta a tierra de los circuitos derivados de transformadores de instrumentos y de las carcasas de los instrumentos, no debe ser menor de 3,307 mm² (12 AWG) de cobre. Se considera que las carcasas de transformadores de instrumentos, contadores y relés que vayan montados directamente sobre superficies o envolventes metálicos puestas a tierra o paneles de instrumentos metálicos puestas a tierra, están también puestas a tierra y no requiere usar un conductor adicional.

CAPITULO 13. PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS Y CIRCUITOS DE ALTA TENSIÓN (600 V O MÁS)

250-150. Disposiciones generales. Cuando se pongan a tierra instalaciones de alta tensión eléctrica (600 V o más), deben cumplir todas las disposiciones aplicables de las anteriores Secciones de este Artículo y con las siguientes, en cuanto complementen y modifiquen a las anteriores.

250-151. Sistema con neutro derivado. Se permite usar para puesta a tierra de sistemas de alta tensión eléctrica al neutro derivado de un transformador de puesta a tierra.

250-152. Sistemas con neutro sólidamente puesto a tierra

a) Conductor neutro. El nivel mínimo de aislamiento de conductores neutros de sistemas sólidamente puestos a tierra, debe ser de 600 V.

Excepción 1: Se permite usar conductores de cobre desnudos como neutro de la acometida y como neutro de la parte directamente enterrada de alimentadores.

Excepción 2: Se permite usar conductores desnudos como neutro de las instalaciones aéreas.

NOTA: Véase 225-4 acerca de los conductores que estén a menos de 3,05 m de cualquier edificio o estructura.

b) Puestas a tierra múltiples. Se permite que el neutro de un sistema con neutro sólidamente puesto a tierra, esté puesto a tierra en más de un punto en el caso de:

- 1) Acometidas.
- 2) Partes directamente enterradas de los alimentadores cuyo neutro sea de cobre desnudo.
- 3) Instalaciones aéreas.

c) Conductor de puesta a tierra del neutro. Se permite que el conductor de puesta a tierra del neutro sea un conductor desnudo si está aislado de los conductores de fase y protegido contra daño físico.

250-153. Sistemas con neutro puesto a tierra a través de impedancia. Los sistemas con neutro puesto a tierra a través de impedancia deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos.

a) Ubicación. La impedancia de puesta a tierra se debe insertar en el conductor de puesta a tierra entre el electrodo (o sistema de electrodos) de puesta a tierra del sistema de suministro y el punto neutro del transformador o del generador de suministro.

b) Identificación y aislamiento. Cuando se emplee el conductor neutro de un sistema con neutro puesto a tierra a través de impedancia, se debe identificar así y aislarlo totalmente con el mismo nivel de aislamiento que los conductores de fase.

c) Conexión con el neutro del sistema. El neutro de la instalación no se debe poner a tierra si no es a través de la impedancia de puesta a tierra del neutro.

d) Conductores de puesta a tierra de equipo. Se permite que los conductores de puesta a tierra de equipo sean cables desnudos y deben ser conectados al conductor del electrodo de puesta a tierra y al conductor de puesta a tierra del equipo de la acometida, prolongándolos hasta el sistema de tierra del sistema.

250-154. Puesta a tierra de sistemas de suministro a equipo móvil o portátil. Los sistemas que suministren energía a equipo portátil o móvil en alta tensión, distintos de las subestaciones provisionales, deben cumplir con los siguientes incisos.

a) Equipo móvil o portátil. El equipo móvil o portátil en alta tensión se debe alimentar desde un sistema que tenga su neutro puesto a tierra a través de una impedancia. Cuando se utilice para alimentar equipo móvil o portátil una instalación de alta tensión conectada en delta, se debe obtener un neutro derivado del sistema.

b) Partes expuestas no-conductoras de corriente eléctrica normalmente. Las partes expuestas de equipo móvil o portátil por las que no pase corriente eléctrica normalmente, se deben conectar mediante un conductor de puesta a tierra de equipo al punto de puesta a tierra de la impedancia del neutro del sistema.

c) Corriente eléctrica por falla de tierra. La tensión eléctrica que se crea entre las carcasas de equipo móvil o portátil y tierra cuando pase la corriente eléctrica máxima de falla a tierra, no debe superar 100 V.

d) Detección y relés de falla a tierra. Se deben instalar dispositivos de detección y relés de falla a tierra que desconecten automáticamente cualquier componente de una instalación de alta tensión en la que se haya producido una falla a tierra. Se debe vigilar permanentemente la continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo para ver si descarga automáticamente la alta tensión de alimentación que se produce en el equipo móvil o portátil, si se pierde la continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo.

e) Aislamiento. El electrodo de puesta a tierra a la que va conectada la impedancia del neutro del sistema de equipo móvil o portátil, debe ser independiente e ir separado 6,1 m como mínimo, de cualquier otro electrodo de puesta a tierra de sistemas o equipo y no debe haber conexión directa entre los electrodos de tierra, como tuberías enterradas, cercas u otros.

f) Cable y conectadores de acoplamiento. El cable y los conectadores de alta tensión para interconectar equipo móvil o portátil, debe cumplir con lo establecido en la Parte C del Artículo 400 (cable) y en 710-45 (conectadores).

250-155. Puesta a tierra de equipo. Todas las carcasas de equipo fijo, móvil o portátil y de sus correspondientes cercas, alojamientos, envolventes y estructuras de soporte por las que no pase corriente eléctrica normalmente, se deben poner a tierra.

Excepción 1: Cuando estén aisladas de tierra y situadas de modo que impidan que cualquier persona pueda entrar en contacto con tierra a través de dichas partes metálicas cuando pase corriente eléctrica por el equipo.

Excepción 2: Equipo de distribución montado en postes, como se establece en la Excepción 3 de 250-42 Los conductores de puesta a tierra que no formen parte integrante de un cable ensamblado en fábrica, no deben ser de un tamaño nominal menor a $13,3 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre o $21,15 \text{ mm}^2$ (4 AWG) de aluminio.

CAPITULO 14. SISTEMAS DE TIERRA EN LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

921-25. Características del sistema de tierra. Las características de los sistemas de tierra deben cumplir con lo aplicable del Artículo 250.

a) Disposición física. El cable que forme el perímetro exterior del sistema, debe ser continuo de manera que encierre el área en que se encuentra el equipo de la subestación.

En subestaciones tipo pedestal se requiere que el sistema de tierra quede confinado dentro del área que proyecta el equipo sobre el suelo.

Excepción: En las subestaciones tipo poste o pedestal se acepta como sistema de tierra la conexión del equipo a uno o más electrodos. La resistencia del sistema a tierra total debe cumplir con los valores indicados en el inciso (b) de esta Sección.

b) Resistencia a tierra del sistema. La resistencia eléctrica total del sistema de tierra incluyendo todos los elementos que lo forman, debe conservarse en un valor menor a lo indicado en la tabla siguiente:

Resistencia [Ohms]	Tensión eléctrica máxima [KV]	Capacidad máxima (KVA)
5	mayor a 34.5	mayor a 250
hasta 10	34.5	mayor a 250
hasta 25	34.5	250

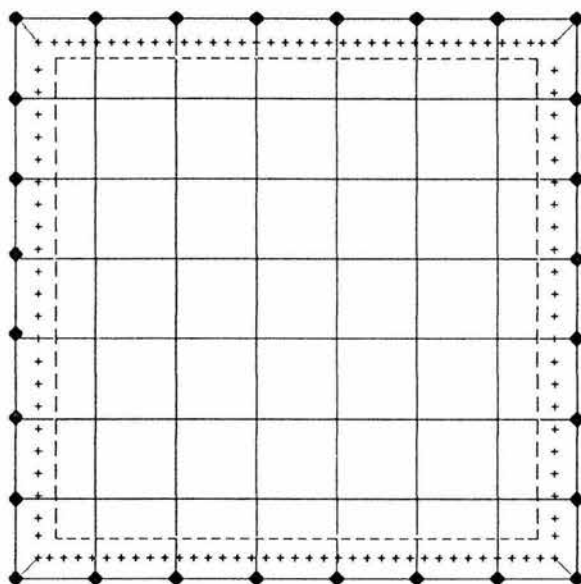
Excepción: Para terrenos con resistividad eléctrica mayor a 3000 Ohms-metro, se permite que los valores anteriores de resistencia de tierra sean el doble para cada caso. Deben efectuarse pruebas periódicamente durante la operación en los registros para comprobar que los valores del sistema de tierra se ajustan a los valores de diseño; asimismo, repetir periódicamente estas pruebas para comprobar que se conservan las condiciones originales, a través del tiempo y de preferencia en época de estiaje.

c) Sistemas con transformador. Cuando se requiera de un transformador para obtener la referencia a tierra aplicar lo indicado en 450-5.

El artículo 450-5 nos dice que los autotransformadores para conexión a tierra cubiertos para esa sección son transformadores conectados en zig-zag o en t, conectados a sistemas trifásicos de tres hilos de fase, con el propósito de obtener un sistema de distribución de tres fases, cuatro hilos, o para proveer una referencia de neutro para fines de puesta a tierra. Tales autotransformadores deben tener una capacidad de corriente nominal de servicio continuo por fase y una para la corriente de servicio continuo del neutro.

921-26. Puesta a tierra de cercas metálicas. Las cercas metálicas pueden ocupar una posición sobre la periferia del sistema de tierra. Debido a que los gradientes de potencial son más altos, se deben tomar las medidas siguientes:

- Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, debe ser puesta a tierra. Ver figura 921-26a.
- Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla debe colocarse por lo menos a 2 m del límite de la malla. Ver la figura 921-26b.



a) Cerca dentro de la malla (conectada a la malla)

++++ Cerca

Figura 921-26 (a).

En la figura 921-26(a) se muestra la puesta a tierra de la cerca dentro de la malla.

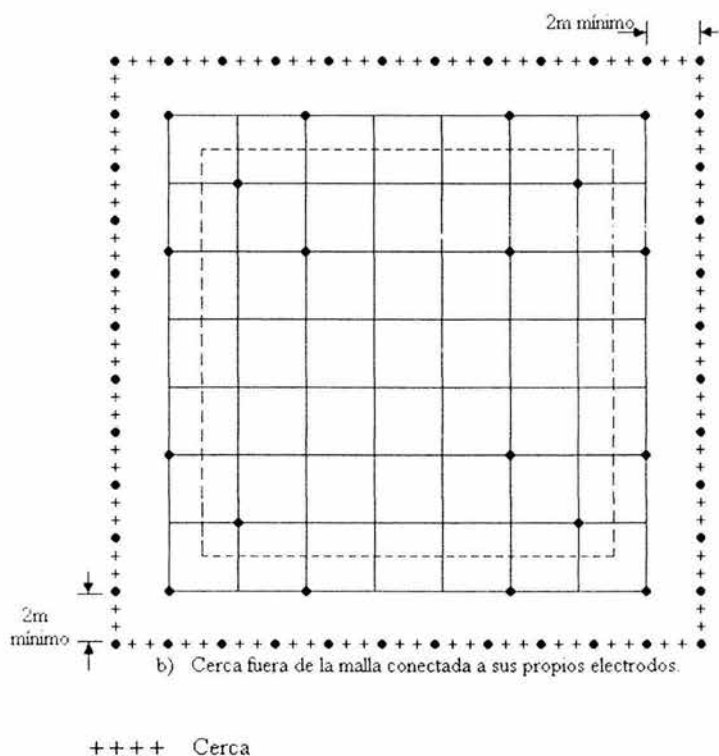


Figura 921-26 (b).

En la figura 921-26(b) se muestra la puesta a tierra de la cerca fuera de la malla.

921-27. Puesta a tierra de rieles y tubos para agua y gas.

a) Rieles. Los rieles de escape (espuelas) de ferrocarril que entren a una subestación no deben conectarse al sistema de tierra de la subestación. Deben aislarse uno o más pares de juntas de los rieles donde éstos salen del área de la red de tierra.

b) Tubos para agua y gas. Los tubos metálicos para agua, gas y las cubiertas metálicas de cables que estén enterrados dentro del área de la subestación deben conectarse al sistema de tierra, en varios puntos.

NOTA: Primero se debe instalar el sistema de tierras de acuerdo a su valor óptimo para la instalación eléctrica y después conectar los tubos para gas al sistema.

921-28. Puesta a tierra de partes no-conductoras de corriente eléctrica.

a) Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente eléctrica, y las defensas metálicas del equipo eléctrico, deben conectarse a tierra.

b) Con excepción de equipo instalado en lugares húmedos o lugares peligrosos, las partes metálicas que no conducen corriente eléctrica, pueden no conectarse a tierra, siempre que sean inaccesibles o que se protejan por medio de resguardos.

Esta última protección debe impedir que se puedan tocar inadvertidamente las partes metálicas mencionadas y simultáneamente algún otro objeto puesto a tierra.

c) Las estructuras de acero de la subestación deben ser puestas a tierra.

921-29. Conexión de puesta a tierra de cercas metálicas. Toda cerca metálica que se cruce con líneas suministradoras en áreas no urbanizadas, debe conectarse a tierra, a uno y otro lado del cruce, a una distancia sobre el eje de la cerca y no mayor a 45 m. En caso de existir una o más puertas o cualquier otra condición que interrumpa la continuidad de la cerca, ésta debe aterrizar en el extremo más cercano al cruce con la línea.

Ésta conexión de puesta a tierra debe efectuarse uniendo todos los elementos metálicos de la cerca.

921-30. Conductor de puesta a tierra común para el circuito, canalizaciones metálicas y equipo.

Si la capacidad de conducción de corriente del conductor de puesta a tierra del circuito, satisface también el requerimiento para la conexión de puesta a tierra del equipo, este conductor puede usarse para ambos fines. Dentro de dicho equipo se incluyen los armazones y cubiertas de los componentes auxiliares y de control del sistema eléctrico, canalizaciones metálicas, pantallas de cables y otras cubiertas.

921-31 Método de puesta a tierra para teléfonos y otros aparatos de comunicación en circuitos expuestos al contacto con líneas de suministro eléctrico y a descargas atmosféricas. Los protectores y, cuando se requiera, las partes metálicas no portadoras de corriente eléctrica expuestas, ubicadas en las centrales telefónicas o en instalaciones exteriores, deben conectarse a tierra en la forma siguiente:

a) Electrodo. El conductor de puesta a tierra debe conectarse a un electrodo aceptable, como los descritos en 921-14 y 921-22. Otra alternativa es hacer esta conexión a la cubierta metálica del equipo del servicio eléctrico o al conductor del electrodo de puesta a tierra en el edificio.

b) Conexión del electrodo. El conductor de puesta a tierra debe ser preferentemente de cobre, de tamaño nominal no menor a $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) o de cualquier otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente que no sufra corrosión bajo las condiciones de uso. La conexión de este conductor al electrodo de puesta a tierra debe hacerse por medio de un conector adecuado.

c) Unión de electrodos. Debe colocarse un puente de unión de tamaño nominal no menor de $13,30 \text{ mm}^2$ (6 AWG) de cobre, u otro material de capacidad de conducción de corriente equivalente entre el electrodo del equipo de comunicación y el electrodo del neutro del sistema eléctrico, cuando se usen electrodos separados en la misma edificación.

924-18 Protección de los circuitos secundarios de transformadores para instrumentos.

- a) **Conexión de puesta a tierra.** Los circuitos secundarios de transformadores para instrumento (transformadores de corriente y de potencial) deben tener una referencia efectiva y permanente de puesta a tierra. (Véase 250-121).
- b) **Protección mecánica de los circuitos secundarios cuando los primarios operen a más de 6600 V.** Los conductores de los circuitos secundarios deben alojarse en tubo (conduit) metálico permanentemente puesto a tierra, a menos que estén protegidos contra daño mecánico y contra contacto de personas.

SISTEMA DE TIERRAS PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones eléctricas es disponer de una adecuada red de tierra, a la cual se conectan los neutros de los transformadores de potencia, TC's, TP's, interruptores, pararrayos, apartarrayos, cuchillas, reactores y en general todas aquellas estructuras o partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

La necesidad de contar con una red de tierra en las subestaciones, es de cumplir con las siguientes funciones:

- a. *Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea debidas a corrientes de falla o por la operación de un apartarrayos.*
- b. *Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación, que puedan ser peligrosas para los operadores o personal que labora en ella.*
- c. *Facilitar mediante sistemas de relevadores la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.*

La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas, debidas a disturbios atmosféricos o fallas del equipo, obliga a tomar precauciones para que los gradientes eléctricos o las tensiones resultantes no ofrezcan peligro a los operadores o en general al personal que labora en el local de las instalaciones. Intensidades del orden de miles de Amperes, producen gradientes de potencial elevados en la vecindad del punto o puntos de contacto a tierra y si además, se da la circunstancia de que algún ser viviente se apoye en dos puntos, entre los cuales existen una diferencia de potencial debido al gradiente antes indicado, puede sufrir una descarga de tal magnitud que lo dañe severamente. En tal situación la corriente que circula por su cuerpo aumenta y si pasa por algún órgano vital como el corazón, puede resultar en fibrilación ventricular y causar la muerte.

El umbral de percepción es de aproximadamente un miliampere. Si el camino de la corriente incluye la mano y el antebrazo, las contracciones musculares, el malestar y el dolor aumentan al crecer la corriente y bastan intensidades de unos cuantos miliamperes para evitar que el sujeto pueda soltar el electrodo agarrado con la palma de la mano.

a) DISPOSICIÓN DE LAS REDES DE TIERRA

Para las redes de Tierra, se han, considerado básicamente tres sistemas: radial, anillo y malla.

- a. **SISTEMA RADIAL:** Este sistema consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones de cada aparato. Es el más económico de los tres sistemas, pero el menos satisfactorio, ya que al producirse una falla en un aparato, se producen elevados gradientes de potencial. Ver la figura 1.

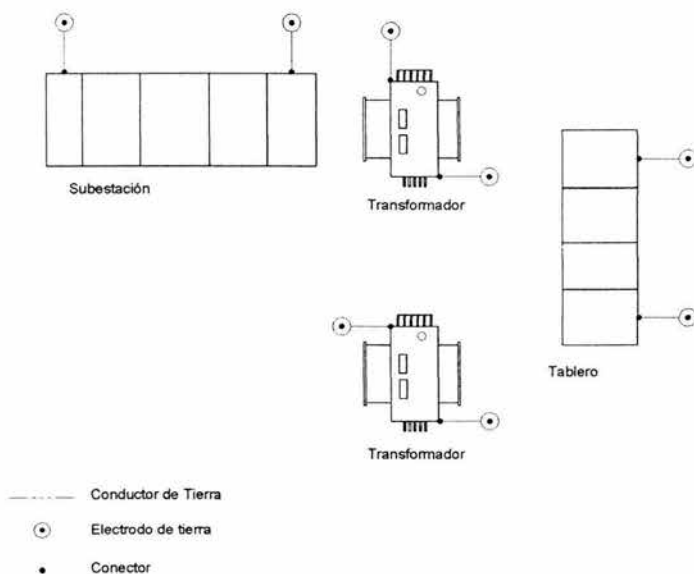


Figura 1.

En la figura 1 se muestra el sistema de tierras en una S.E. en Sistema Radial..

- b. **SISTEMA DE ANILLO** : El sistema de anillo se obtiene, colocando en forma de anillo un cable de cobre. Es un sistema económico y eficiente; los potenciales peligrosos son disminuidos al disiparse la corriente de falla por varios caminos en paralelo. Ver figura 2.

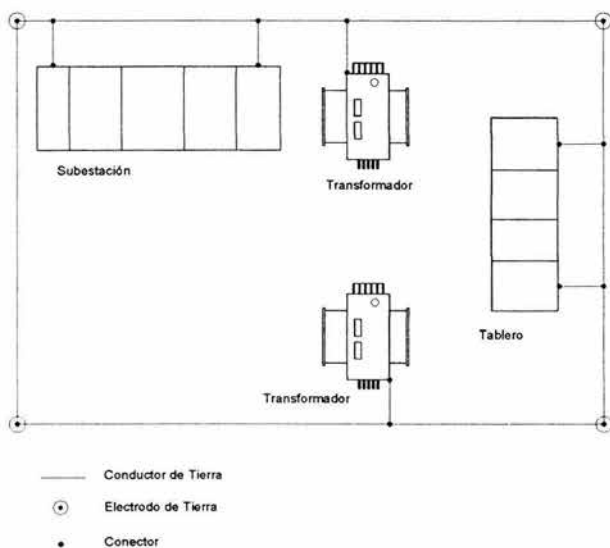


Figura 2.

En la figura 2 se muestra el sistema de tierras para una S.E. en Sistema de Anillo.

- c. **SISTEMA DE MALLAS:** Este sistema es el que ha sido normalizado actualmente por la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A., consiste como su nombre lo indica en una malla formada por cables de cobre calibre 4/0 AWG mínimo enterrada a 60 cm y conectada a electrodo de varilla "Copperweld" de (5/8") de diámetro por 3.0 m de longitud. Ver figura 3.

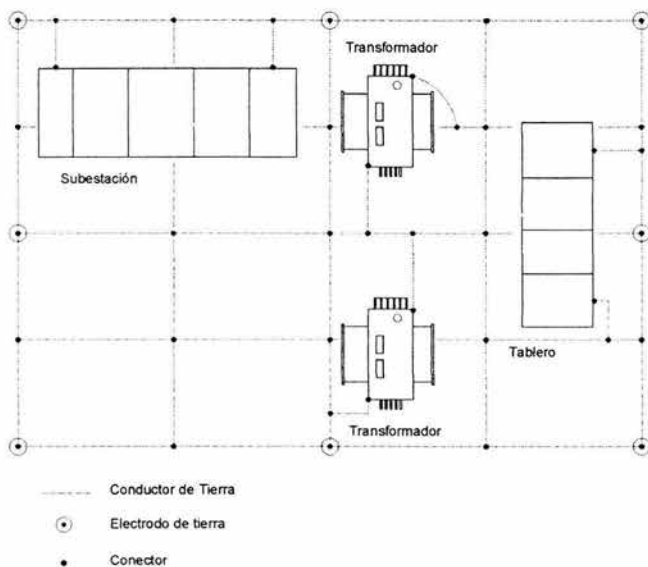


Figura 3.

En la figura 3 muestra el sistema de tierras de una S.E. en Sistema de Malla.

b) ELEMENTOS DE LA RED DE TIERRA

- **CONDUCTORES:** Los conductores utilizados en los sistemas de Tierra son cables de cobre electrolítico suave, sin aislamiento, del calibre 4/0 AWG mínimo, semiduro, 19 hilos, torcido. Se ha escogido el calibre 4/0 AWG por ampacidad, por razones mecánicas y por agresión del terreno, ya que eléctricamente puede usarse cables de cobre del calibre 2 AWG. Cabe mencionar que es utilizado el cobre debido a su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y sobre todo por ser resistente a la corrosión debido a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de él.

- **ELECTRODOS VERTICALES:** Son varillas que se clavan en el terreno, sirven para dar menor resistencia a la red y para mantener el potencial de Tierra a valores bajos. Los electrodos pueden ser de tubo o de varillas de fierro galvanizado, o bien varillas "Copperweld". En la actualidad se utiliza varilla "Copperweld" que consiste de una varilla de hierro a la cual se le adhiere una capa soldada de cobre continuamente a todo lo largo de dicha varilla con un espesor de 10 milésimas deberán contar con registros para la medición periódica de los mismos para comprobar que los valores se ajustan a los originales normalmente se utilizan tubo de albañal con la boca hacia arriba para que sirva de tope a una tapa de cemento.

- **CONECTORES:** Son aquellos elementos que nos sirven para unir a la red de Tierra, los electrodos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores, interruptores etc. Los conectores utilizados en los sistemas de Tierra son principalmente tres tipos:
 - a) CONECTORES ATORNILLADOS
 - b) CONECTORES A PRESIÓN
 - c) CONECTORES SOLDADOS

Todos los tipos de conectores deben soportar la corriente de la red de Tierra en forma continua, tener alta resistencia mecánica, ser resistente a la corrosión y proporcionar una conducción segura para cualquier tipo de falla. Actualmente se utilizan colectores a presión o atornillados, o de soldadura exotérmica.

El conductor periférico deberá ser de una sola pieza, debido a que por él circulan mayores corrientes por el efecto Piel.

Todos los conectores deberán ser del tipo presión, compresión o soldadura exotérmica para evitar falsos contactos, ya que pierde características de seguridad la malla, si se llega a abrir.

c) ANSI – IEEE STD. 80 – 2000 IEEE GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING.

Esta guía nos indica que las funciones básicas de una red de tierra son:

- a) *Proporcionar seguridad al personal, limitando los potenciales de paso y de contacto a valores tolerables.*
- b) *Limitar la elevación de potencial en el área de la red sobre el potencial natural del suelo en condiciones de falla.*
- c) *Controlar los sobrevoltajes durante la ocurrencia de fallas y facilitar la operación de los dispositivos de protección correspondientes, ofreciendo una baja resistencia de tierra.*

Esta norma ve en forma mucho más detallada y complicada todos los parámetros que se requieren para lograr los objetivos anteriores; por ejemplo:

- 1. *Considera la corriente de corto circuito de secuencia cero.*
- 2. *Indica que puede variar el peso de las personas.*
- 3. *Considera los tiempos de disparo*
- 4. *La duración de la falla y del choque eléctrico los considera iguales, a menos que haya recierres.*
- 5. *Utiliza los factores de reflexión.*
- 6. *Considera resistividades de cada capa telúrica. Etc.*

En la siguiente tabla se indican los parámetros que se requieren para el diseño de una malla de tierra, según la Guía IEEE-80 Std. 2000.

N°	Símbolo	Descripción
1	ρ	Resistividad en Ω - m.
2	ρ_s	Resistividad superficial en la malla en Ω - m.
3	$3I_0$	Corriente de falla simétrica en la subestación.
4	A	Area de la malla en (m^2).
5	Cs	Factor de reflexión.
6	d	Diámetro del conductor de la malla en (m).
7	D	Separación entre conductores paralelos en (m).
8	Df	Factor de decremento para calcular (I_G).
9	Dm	Máxima distancia entre dos puntos sobre la malla (m).
10	Em	Voltaje de malla en el centro de la esquina en volts (simplificado).
11	Es	Voltaje de paso entre un punto fuera de la esquina de la malla y un punto a 1 m diagonalmente situado fuera de la malla (simplificado).
12	E_{S50}	Voltaje de paso para una persona de 50 kg. en volts.
13	E_{S70}	Voltaje de paso para una persona de 70 kg. en volts.
14	E_{T50}	Voltaje de toque para una persona de 50 kg.
15	E_{T70}	Voltaje de toque para una persona de 70 kg.
16	h	Profundidad de la malla de tierra en (m).
17	hs	Espesor de la capa superficial.
18	I_G	Máxima corriente de tierra que fluye entre la malla y la tierra que la rodea.
19	I_g	Corriente de malla simétrica (A).
20	K	Factor de reflexión entre diferentes resistividades.
21	Kh	Factor de corrección que asegura los efectos de profundidad de la malla (simplificado).
22	Ki	Factor de corrección de acuerdo a la geometría de la malla (simplificado).
23	Kii	Factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores internos de las esquinas de la malla (simplificado).
24	Km	Factor de espacio para calcular el voltaje de malla (simplificado).
25	Ks	Factor de espacio para calcular el voltaje de paso (simplificado).
26	L_C	Longitud total del conductor de malla (m).
27	L_M	Longitud efectiva de $L_C + L_R$ para voltaje de malla, (m)
28	L_R	Longitud total de electrodos de tierra (m)
29	L_r	Longitud del electrodo de tierra para cada locación (m).
30	L_S	Longitud efectiva de $L_C + L_R$ para voltaje de paso (m)
31	L_T	Longitud total efectiva del conductor del sistema de puesta a tierra, incluye malla y electrodo de tierra (m).
32	L_x	Máxima longitud del conductor de malla en la dirección x (m).
33	L_y	Máxima longitud del conductor de malla en la dirección y (m).
34	n	Número de conductores paralelos en una dirección.
35	n_R	Número de electrodos puestos en el área A.
36	Rg	Resistencia de la malla de tierra en Ω .
37	S_f	Factor de división de corriente de falla.
38	Cp	Factor de corriente para un futuro crecimiento del sistema
39	tc	Duración de la corriente de falla para el cálculo del conductor de la malla en (s).
40	tf	Duración de la corriente de falla para determinar el factor de decremento.
41	ts	Duración del shock eléctrico para determinar la corriente que soporta una persona en (s).

d) EJEMPLO.

Cálculo de la red o malla de tierra para una subestación en 115 kV.**Procedimiento para el cálculo y desarrollo.**

1. Datos para el Cálculo.
2. Dimensionamiento del Conductor.
3. Cálculo del Potencial de Paso y de Contacto Tolerables.
4. Cálculo de la Resistencia de la Malla.
5. Cálculo de la Máxima Corriente de la Malla.
6. Cálculo de la Tensión de Malla.
7. Cálculo de La Tensión de Paso de la Malla en la Periferia.
8. Revisión de las Condiciones de Seguridad.
9. Conclusiones.

1.- Datos de Cálculo.

Transformador de 15 MVA, 115/13 kV, conexión delta-estrella aterrizada, Z%=9.	
Tiempo de duración de la falla t_s	= 0.5 s(30 ciclos).
Corriente de falla a tierra simétrica en el bus de 115 kV.	=3,180 A.
Corriente de falla a tierra simétrica en el bus de 13 kV.	=6,814 A.
Resistividad del terreno (ρ)	=45 Ω -m.
Resistividad superficial de la malla (ρ_s)	=2500 Ω -m.
Espesor de la capa superficial (h_s)	=0.10 m.
Profundidad de la malla de tierra (h)	=0.5 m.
Área para ubicar la malla de la subestación	=70x70 m.

2.- Dimensionamiento del Conductor.**a) Cálculo de la corriente de falla (I_F).**

Para el cálculo de la corriente (I_F), se considera la corriente de falla a tierra del bus de 13 KV, que es igual a 6,814 A (I_{CC}). Usando la Tabla 10 del IEEE Std. 80-2000, para un tiempo de duración de la falla ($t=0.5$), el Factor de Decremento D_f es aproximadamente uno, para una relación X/R=10. (para duraciones de falla mayores a 30 ciclos se considera $D_f=1$)

$$I_F = I_{cc} * D_f$$

IEEE Std. 80-2000 Ec. (43)

Donde:

I_F = Corriente Asimétrica.

I_{CC} = Corriente de falla Simétrica en el bus de 13 kV.

D_f = Factor de Decremento

Sustituyendo valores:

$$I_F = (6,814 * 1.0) = 6,814 [A]$$

b) Diámetro del conductor de la malla.

Usando la fórmula simplificada del IEEE Std. 80-2000, para el cálculo de la sección transversal del conductor de cobre de la Malla de Tierras se tiene:

$$A_{KCM} = I_F * k_f * \sqrt{t_s}$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. (42)

Dónde:

A_{KCM} = Área de la sección transversal del conductor de cobre de la Malla de Tierras en Mil Circular Mils.

I_F = Corriente de Falla en KA.

K_f = Constante del material del conductor de la Malla de Tierras.

t_s = Tiempo de duración de la falla en segundos (0.5 s).

Se toma el valor de $k_f = 7.06$ de la Tabla 2 del IEEE Std. 80-2000, Constantes de Materiales, considerando cable de cobre comercial para una $T_m = 1084$ (°C) (Temperatura de fusión del material) y una temperatura ambiente de (40°C).

Sustituyendo valores:

$$A_{KCM} = 6.814 * 7.06 * \sqrt{0.5} = 34.01 KCM$$

De acuerdo a la siguiente tabla basada en los estándares de la A.S.T.M. (American Society of Testing of Materials).

CALIBRE		DIÁMETRO DEL CONDUCTOR	
Circular mills	AW.G.	Pulgadas	Milímetros
1,000,000		1.152	29.26
800,000		1.031	26.18
750,000		0.998	25.35
700,000		0.964	24.48
600,000		0.893	22.68
500,000		0.813	20.65
400,000		0.728	18.49
350,000		0.681	17.29
300,000		0.630	16.00
250,000		0.575	14.60
211,600	4/0	0.528	13.41
167,800	3/0	0.470	11.93
133,100	2/0	0.419	10.74
105,500	1/0	0.373	9.47
83,690	1	0.332	8.43
66,370	2	0.292	7.41
52,630	3	0.260	6.60
41,740	4	0.232	5.89
26,240	6	0.184	4.67
16,510	8	0.146	3.70
10,380	10	0.116	2.94
6,530	12	0.0915	2.32
4,110	14	0.0726	1.84

Encontramos que el calibre que corresponde a 34.01 kcmil es un conductor cal. **4 AWG.**

Por necesidades mecánicas y agresión del terreno, se usará un conductor de cobre calibre **4/0 AWG.** Con un diámetro de acuerdo a la tabla anterior de:

$$d = 13.41 \text{ mm (0.0134 m)}$$

3.- Cálculo de Potenciales de Paso y de Contacto Tolerables.

a) Potencial de Paso (E_p).

Considerando el potencial para una persona de 70 kg..

$$E_{(PASO)} = (1000 + 6C_s \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

IEEE Std. 80-2000, Ec.30.

Dónde:

C_s = Factor de reflexión de la capa superficial del terreno.

ρ_s = Resistividad del material de superficie en ohm-metro.

t_s = Tiempo de duración de la falla en segundos.

Para calcular C_s , se tiene:

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_r} \right)}{2h_s + 0.09}$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 27.

Dónde:

ρ_s = Resistividad del material de superficie 2500 $\Omega - m$, roca triturada, Tabla 7 IEEE Std. 80-2000.

h_s = Espesor de la capa de material superficial, $h_s = 0.10 m$.

Sustituyendo valores:

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{45}{2500} \right)}{2 * 0.10 + 0.09} = 0.69$$

Calculando el Potencial de Paso:

$$E_{s(PASO)} = (1000 + 6 * 0.69 * 2500) \frac{0.157}{\sqrt{0.5}} = 2519.70V$$

b) Potencial de Contacto (E_c)

Considerando el potencial para una persona de 70 kg..

$$E_{C(CONTACTO)} = (1000 + 1.5 C_s \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

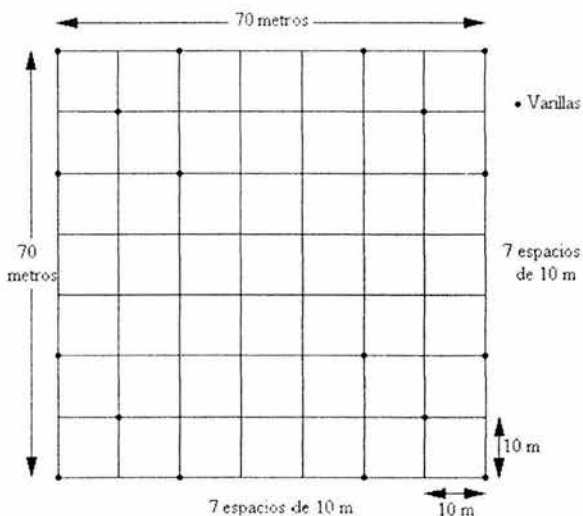
IEEE Std. 80-2000, Ec.33.

Sustituyendo valores:

$$E_{C(CONTACTO)} = (1000 + 1.5 * 0.69 * 2500) \frac{0.157}{\sqrt{0.5}} = 796.42V$$

4.-Cálculo de la Resistencia de la Malla (R_g).

Se propone el siguiente diseño de Malla:



Utilizando la siguiente ecuación:

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 52

Dónde:

L_T = Longitud total de los conductores de la malla, en m.

$L_T = 8 \times 2 \times 70 = 1,120 + (18 \times 3) = 1,174$ m.

A = Área que ocupa la malla en $m^2 = 70 \times 70 = 4,900$ m^2 .

Sustituyendo valores:

$$R_g = 45 \left[\frac{1}{1,174} + \frac{1}{\sqrt{20 * 4900}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0.5 \sqrt{20 / 4900}} \right) \right] = 0.32 \Omega$$

5.- Cálculo de la Máxima Corriente de la Malla (I_G).

$$I_G = C_p * D_f * I_g$$

Dónde:

$C_p = 1$, Factor de la Proyección que toma en cuenta los incrementos relativos de la corriente de falla a lo largo de la vida útil de la instalación, cuando no existieran incrementos en la corriente de falla, es igual a uno.

I_g = Corriente Simétrica de Malla en A. Aunque la corriente de falla en el Bus de 13 KV (6,814 A), es mayor que la corriente de falla en el Bus de 115 KV (3,180 A), en el lado de 13 KV del transformador tenemos una estrella aterrizada, la cual se comporta como una fuente "local" de corriente de falla por lo que no contribuye a la elevación del potencial de la malla con respecto a tierra (GPR). Por tanto la máxima corriente de malla se calcula con la corriente de falla del Bus de 115 KV (3,180 A), esto es debido a que si ocurre una falla a tierra en el lado de la delta del transformador la corriente de falla no tiene una trayectoria para cerrar el circuito sino hasta un punto remoto puesto a tierra, lo que contribuye a elevar los Potenciales de la Malla.

Sustituyendo valores:

$$I_G = 1 * 1 * 3,180 = 3,180 A$$

6.- Cálculo de la Tensión de Malla (E_M).

El valor de la Tensión de Malla lo obtenemos del producto de factores geométricos.

$$E_M = \frac{\rho * I_G K_m K_i}{L_C + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] * L_R}$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 80.

Dónde:

K_m = Factor de espaciamento para voltaje de malla, método simplificado.

K_i = Factor de corrección para la geometría de la malla, método simplificado.

L_C = Longitud total del conductor de la malla, en m.

L_R = Longitud total de electrodos de tierra, en m.

$L_R = 18 * 3 = 54$ m.

L_r = Longitud del electrodo de tierra, en m.

$L_x = 70$ m (Máxima longitud del conductor de malla en la dirección x , en m.)

$L_y = 70$ m (Máxima longitud del conductor de malla en la dirección y, en m.

a) Factor de espaciamento (K_m).

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ij}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 81**Dónde:** D = Distancia de separación entre conductores paralelos en la malla, en m. d = Diámetro del conductor de la malla, en m. h = Profundidad de la malla, en m. K_{ij} = Factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores interiores de la malla. K_h = Factor de corrección que ajusta los efectos de profundidad de la malla. n = Número de conductores paralelos en una dirección. $D = 10 \text{ m}$ $d = 0.0134 \text{ m.}$ $h = 0.5 \text{ m}$ **b) Número de conductores (n).**

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_C}{L_p}$$

IEEE Std. 80-2000, Ecs. 84 y 85**Dónde:** L_C = Longitud total del conductor de la malla, en m. L_p = Longitud perimetral de la malla, en m. $L_C = 70 \cdot 16 = 1,120 \text{ m}$ $L_p = 70 \cdot 4 = 280 \text{ m}$

Sustituyendo valores:

$$n_a = \frac{2 * 1120}{280} = 8.0$$

$n_b = 1$, para mallas cuadradas.

$n_c = 1$ para mallas cuadradas y rectangulares

$n_d = 1$ para mallas cuadradas y rectangulares

Sustituyendo valores:

$$n = 8 * 1 * 1 * 1 = 8$$

c) Factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores interiores de la malla (K_u).

$$K_u = 1.0$$

(malla con electrodos)

IEEE Std. 80-2000

d) Factor de corrección que enfatiza el efecto de la profundidad de la malla (K_h).

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 83.

Donde:

h = Profundidad de la malla, en m.

$h_0 = 1$, profundidad de referencia de la malla.

Sustituyendo valores:

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{0.5}{1}} = 1.225$$

Sustituyendo valores en la ecuación de (K_m):

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{10^2}{16 * 0.5 * 0.0134} + \frac{(10 + (2 * 0.5))^2}{8 * 10 * 0.0134} - \frac{0.5}{4 * 0.0134} \right) + \frac{1.0}{1.225} \operatorname{Ln} \left(\frac{8}{\pi((2 * 8) - 1)} \right) \right] = 0.8447$$

e) Factor de corrección para la geometría de la malla (K_j).

$$K_i = 0.644 + 0.148 * n$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 89

Sustituyendo valores:

$$K_i = 0.644 + 0.148 * 8 = 1.828$$

Sustituyendo valores:

$$E_M = \frac{45 * 3180 * 0.8447 * 1.828}{1120 + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{3}{\sqrt{70^2 + 70^2}} \right) \right] * 54} = 189.774V$$

7. Cálculo de la Tensión de Paso en la Periferia de la Malla.

Voltaje de paso entre un punto fuera de la esquina de la malla y un punto a un metro diagonalmente situado fuera de la malla. (E_s).

$$E_s = \frac{\rho * I_G * K_s * K_t}{0.75L_C + 0.85L_R}$$

IEEE Std. 80-2000, Ecs. 92,93

a) Factor de espacio para calcular el voltaje de paso (K_s).

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{(n-2)}) \right]$$

IEEE Std. 80-2000, Ec. 94.

Sustituyendo valores:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 * 0.5} + \frac{1}{10 + 0.5} + \frac{1}{10} (1 - 0.5^{(8-2)}) \right] = 0.3491$$

Sustituyendo valores:

$$E_s = \frac{45 * 3180 * 0.3491 * 1.828}{0.75 * 1120 + 0.85 * 54} = 103.06V$$

8. Revisión de las Condiciones de Seguridad.

- a) De los resultados obtenidos, comparando la máxima Tensión de Malla (E_m) con el máximo potencial de contacto tolerable por el cuerpo humano (E_c) se tiene:

$$E_m < E_c$$

$$189.774V < 796.42V$$

- b) Así mismo, se comprueba que la elevación del potencial de paso en la periferia es menor que el potencial de paso tolerable por el cuerpo humano (E_p) se tiene:

$$E_s < E_p$$

$$103.06V < 2519.70V$$

- c) Para subestaciones de potencia es recomendable tener valores de resistencia a tierra cercanos a 1Ω o menos; mientras que en subestaciones de distribución un rango aceptable es de 1 a 5Ω , dependiendo de las condiciones locales.

$$0.32 \Omega < 1 \Omega$$

9. Conclusiones.

Bajo estas condiciones se observa que la **Malla de Tierras es segura** y que cumple con los parámetros marcados por el IEEE Std-80-2000. Esto es que los potenciales de paso y de contacto de la malla son menores a los potenciales tolerables por el cuerpo humano y la resistencia a tierra de la malla esta por debajo de los valores recomendados. Por lo tanto el diseño se ha concluido.

CONCLUSIONES

La puesta a tierra es un tema de vital importancia en la actualidad para las instalaciones eléctricas por lo que es necesario que todos aquellos que se dediquen al, proyecto, obra y supervisión tengan un criterio amplio y fundamentado de la importancia de la puesta a tierra de las instalaciones eléctricas.

La seguridad para el ser humano en el manejo de la energía eléctrica está por encima de todos los demás conceptos de seguridad para maquinaria y equipos. Desafortunadamente las prácticas inadecuadas y la interpretación errónea, así como el desconocimiento de la puesta a tierra de los equipos eléctricos nos pueden llevar a tener presentes graves riesgos de sufrir descargas eléctricas, incluso en nuestros hogares.

De lo anterior, baste solo analizar la información contenida en la bibliografía anotada y en la que apunta que la mayoría de los daños eléctricos registrados a la fecha, se pudieron relacionar directamente con el contacto a armaduras o a partes metálicas no conductoras de corriente. Estos casos de daños registrados se debieron a que no se contaba con conexión a tierra adecuada o esta se realizo de manera deficiente.

La NOM-001-SEDE-1999 establece en el artículo 305 que se debe poner en vigor un procedimiento escrito en el sitio de la construcción, y debe aplicarse por una o varias personas designadas, para asegurar que las conexiones de puesta a tierra del equipo para todos los grupos de cordones y contactos que no son parte del alambreado permanente del edificio o inmueble y del equipo conectado por medio de un cordón con enchufe, sean instalados y mantenidos, de acuerdo con los requisitos.

El cumplimiento de cada una las secciones del artículo 250 de puesta a tierra es de vital importancia. De particular atención son las excepciones correspondientes, por lo que en este trabajo se ha hecho mención y análisis también de ellas.

Después de elaborar el presente trabajo nos permite concluir que los métodos de puesta a tierra en las instalaciones eléctricas, constituyen antes que nada una medida de seguridad para el usuario de la instalación, al personal que le da mantenimiento, así como de la correcta operación de las protecciones.

Con el auge del equipo eléctrico y electrónico, así como de la demanda de una mayor seguridad, confiabilidad y ahorro de energía en las plantas industriales, comerciales, oficinas, bancos, etc., ha motivado la necesidad de actualizar los métodos de puesta a tierra para poder realizar cada vez mejor las conexiones de tierra.

Podemos concluir que los métodos de puesta a tierra en las instalaciones eléctricas, son muy importantes para la prevención de riesgos, es por ello que tenemos que resolver el problema del no conocer los puntos mas importantes del artículo 250 de la NOM-001-SEDE-1999, por lo tanto podemos decir que el presente trabajo es una forma práctica y sencilla de poder entender las secciones referentes a la puesta a tierra de las instalaciones eléctricas.

APÉNDICE A.

TITULO 5- Lineamientos para la aplicación de las especificaciones de la NOM

5.1.-Propósito

5.1.1 El propósito de las especificaciones es precisar las disposiciones de carácter técnico que deben cumplir las instalaciones eléctricas.

5.1.2 Las disposiciones establecidas en las especificaciones de esta NOM no deben considerarse como una guía de diseño de instalaciones ni como un manual de instrucciones para personas no calificadas. Se considera que para hacer un uso apropiado de esta NOM, es necesario recibir entrenamiento y tener experiencia suficiente en el manejo de las instalaciones eléctricas.

5.2.-Arreglo de las especificaciones de la NOM

Las especificaciones de esta NOM se dividen en diez Capítulos. Los Capítulos 1,2,3 y 4 son de aplicación general; los capítulos 5,6 y 7 aplican a lugares específicos, a equipos especiales y a otras condiciones particulares. Las disposiciones establecidas por estos últimos Capítulos son suplementarias o modifican lo establecido en los primeros. Lo indicado en los Capítulos 1 a 4 aplica en forma general, excepto lo que se indique para condiciones particulares en los Capítulos 5,6 y 7.

El Capítulo 8 cubre instalaciones para Sistemas de Comunicación y es independiente de los demás Capítulos, excepto cuando ahí se haga alguna referencia específica.

El Capítulo 9 incluye disposiciones para instalaciones destinadas al servicio público; líneas aéreas y subterráneas, subestaciones eléctricas y alumbrado público.

El Capítulo 10 consiste de Tablas de datos de conductores y de sus aislamientos, así como de tubo (conduit) y de los factores de ocupación por los conductores. Se han incluido los Apéndices A, B y C. El Apéndice A es de carácter normativo mientras que los Apéndices B y C son de carácter informativo.

Para simplicidad, se ha omitido anteponer el número del TITULO 4 (especificaciones) en la numeración de Capítulos, Secciones y Subsecciones. Es decir, en lugar de 4.3.50.10, se indica 350-10 para identificar la Sección 10 del Artículo 50 del Capítulo 3.

Cada Capítulo está dividido en Artículos. Cada Artículo trata de un tema específico, por ejemplo: alimentadores, puesta a tierra, circuitos derivados, circuitos de motores, etc.

Cuando un Artículo es muy extenso, se subdivide en Partes, las cuales desglosan el tema principal en grupos de información; así se tendrá por ejemplo la Parte A, B, C, etc.

A la disposición básica de la NOM se le denomina Sección y se identifica con números y letras. Una Sección se desglosa en ocasiones en Subsecciones (con letras entre paréntesis), y cada Subsección puede estar desglosada aún más en números entre paréntesis, por ejemplo 218-8(a)(1). Es importante que cuando se haga una referencia a esta NOM, sea proporcionada completa.

Las excepciones proporcionan alternativas a una disposición específica. Se presentan dos tipos de excepciones: una Excepción indica obligatoriedad y la otra indica algo permisible. Cuando una disposición tiene varias Excepciones, primeramente se presentan las de carácter obligatorio y posteriormente las permisibles.

Una excepción obligatoria generalmente incluye términos como "debe" o "no debe" en su texto. La Excepción de tipo permisible generalmente incluye la expresión "se permite".

5.3. Disposiciones obligatorias y notas aclaratorias

Las disposiciones de carácter obligatorio indicadas en esta NOM, se caracterizan por el uso de la palabra "debe" o por el tiempo gramatical en futuro. Las notas aclaratorias no son disposiciones obligatorias, sólo intentan aclarar conceptos o proporcionar información adicional que permite comprender lo indicado en la disposición que le antecede o bien proporciona referencias a otras disposiciones en la NOM.

5.4.-Interpretación formal

La autoridad competente para resolver controversias en la interpretación de esta NOM es la Secretaría de Energía a través de la Dirección General de Gas L. P. y de Instalaciones Eléctricas conforme a sus atribuciones.

TITULO 6 –Vigilancia

La Secretaría de Energía, a través de la Dirección General de Gas L. P. y de Instalaciones Eléctricas conforme a sus atribuciones, es la autoridad encargada de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

BIBLIOGRAFIA

- Diario Oficial de la Federación. **Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización)** publicada en el diario oficial de la federación el día 27 de septiembre de 1999.
- Mark W. Ealey, Joseph V. Sheehan, John M. Caloggero. **Manual de National Electrical Code 1999** Octava edición, Edición en español, , N.F.P.A
- Lopez Monroy Guillermo. **Sistemas de Tierra, en Redes de Distribución.**
- Sánchez Alcalá Neftalí. **Tesina “Puesta a Tierra de Equipo”,** ESIME, IPN, 1998.
- Stallcup´s. **Electrical Design Book**, based on the 2002 NEC and related standards, N.F.P.A.
- Stallcup´s. **Electrical Grounding and Bonding simplified**, based on the 2002 NEC and related standards, N.F.P.A.
- IEEE. **Guide for Safety in AC Substation Grounding, Std. 80-2000**, (revisión of IEEE Std 80-1986). Approved 30 January 2000.