

# SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

ING. ALBERTO SANDOVAL

E-mail: [informes@cenyec.com](mailto:informes@cenyec.com)

## 1. NORMAS DE REFERENCIA

Entre las Principales Normas Técnicas referentes a Sistemas de Protección a Tierra, bases para el presente estudio, se tienen las siguientes:

**NTP 370.052:** 1999 Seguridad Eléctrica. Materiales PAT.

**NTP 370.053:** 1999 Seguridad Eléctrica. Elección de los materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra, conductores de protección de cobre.

**NTP 370.054:** 1999 Seguridad Eléctrica. Enchufes y Tomacorrientes con Protección a Tierra para uso doméstico y uso general similar, 1ª edición el 11 de diciembre de 1999.

**NTP 370.055:** 1999 Seguridad Eléctrica. Sistema de Puesta a Tierra. Glosario de términos.

**NTP 370.056:** 1999 Seguridad Eléctrica. Electrodo de cobre para Puesta a Tierra.

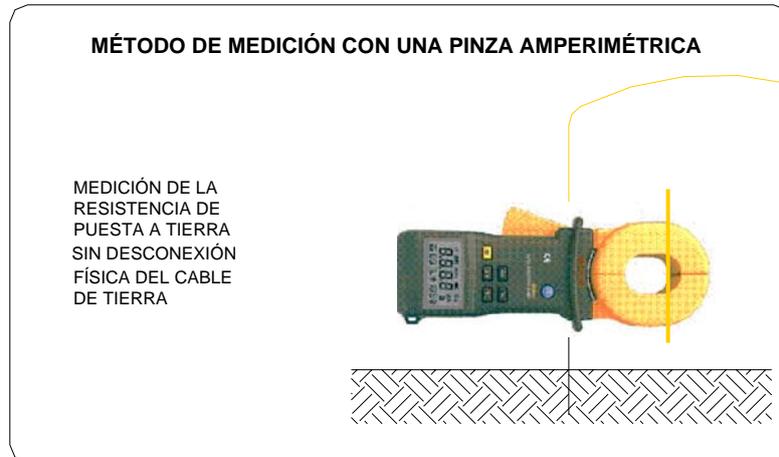
- Código Nacional de Electricidad Tomo V - Suministros, emitido por el MEM define como valor máx. Rpat 25 Ohm.
- Reglamento de seguridad para establecimientos de venta al público de combustibles, aprobado mediante el D.S. N° 054-93-E.M.
- Normas editadas por IEEE Std. 142-1991, Prácticas recomendadas para el SPAT de Sistemas de Potencia Comercial e Industrial.
- Reglamento nacional de edificaciones para locales especiales (posibilidad de ignición de materiales), EM-020, con valor de RPAT máximo 5 Ohm.
- Normas NEC, específica valor máximo de RPAT: 25 Ohm.
- ALLTEC, fabricante de equipos de puesta a tierra, recomienda que la resistencia en industrias de telecomunicaciones valores menores a 5 Ohm, y de acuerdo a fabricantes, se solicita hasta 2 Ohm.
- Norma N° 009-T-3-DGE-1987, referente a Inspecciones de Sistemas de PAT, cuyo valor máximo debe ser 6 Ohm en ciudades grandes y 10 Ohm ciudades medianas y pequeñas.

- De acuerdo a Normas Internacionales ANSI/NFPA 70 -1990 (NEC) publicación - IEEE Std 142 – 1991, recomendaciones de fabricantes y experiencia de Cenyttec en trabajos similares: valor máximo R(PAT) en grifos, estaciones de servicios y locales de alto riesgo de ignición, con presencia de líquidos altamente inflamables, 10 Ohm; y 5 Ohm como valor máximo en sistemas electrónicos y de cómputo.
- Norma UNE 60.620-88, todos los elementos de una estación de regulación deberán estar puestas a tierra, a través de una resistencia no mayor de 10 Ohm, e independientemente. El cable deber ser forrado y con una sección mínima de 35 mm<sup>2</sup>, 0.6/1 kV.
- Real Decreto 379-2001 UNE 100-109, se instalará un sistema general de tierra para la seguridad dl personal protección de equipos eléctricos y electricidad estática; para ello todas las partes metálicas y aparatos eléctricos deberán estar conectados a este sistema de tierra, además, en todos los circuitos de fuerza se dispondrá de dispositivos de corte por corriente diferencial residual con una rango de 30 mA. Para la protección de descargas estáticas se instalara una unión equipotencial de masas del material conductores externo aéreo y subterráneo y deberán estar conectado a esta red todas las estructuras metálicas, aparatos eléctricos y cable de protección de equipos eléctricos.

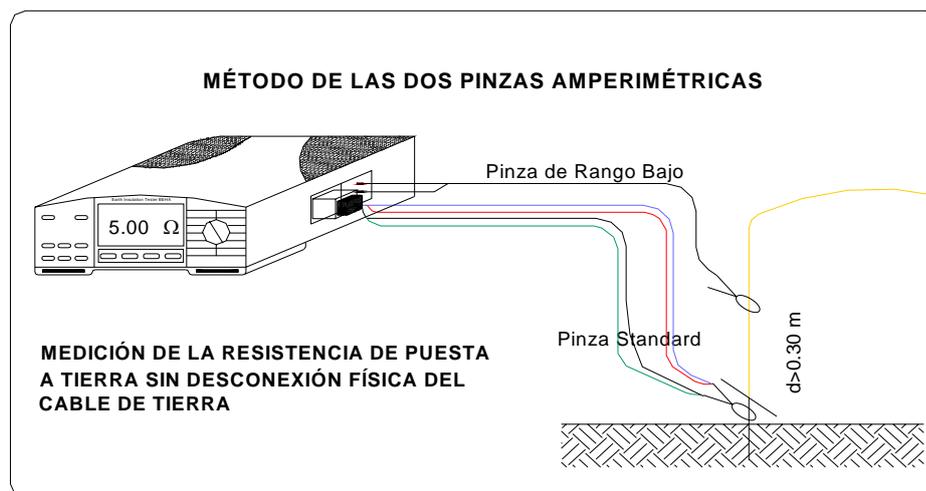
## **2.0 MÉTODOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS DE ACUERDO AL TIPO DE CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS:**

Los métodos empleados para la medición de la Resistencia de Puesta a Tierra en circuitos y equipos energizados, de acuerdo al tipo de equipo de medición a utilizar, son los presentados a continuación:

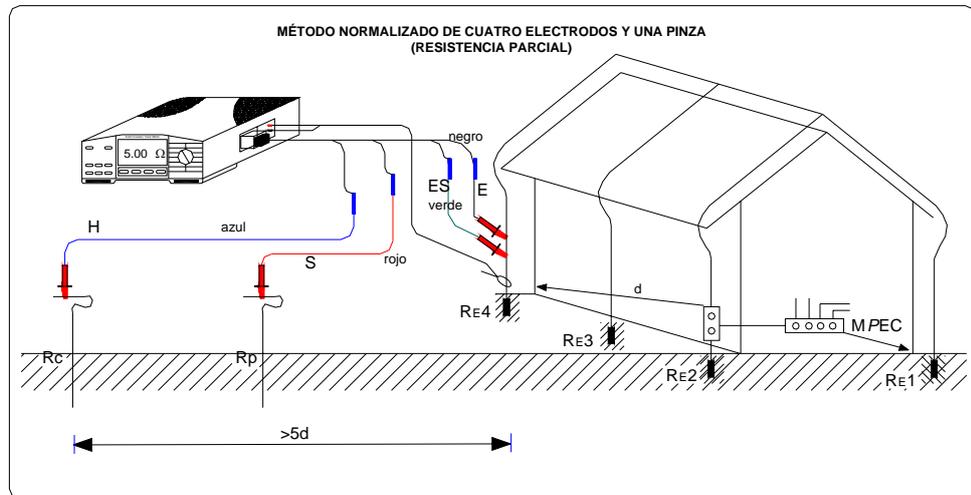
- a) Método normalizado de una pinza amperimétrica.
- b) Método normalizado de las dos pinzas amperimétricas.
- c) Método normalizado de los cuatro electrodos y una pinza amperimétrica (Resistencia parcial).



**Fig. 1. Método de una Pinza Amperimétrica**



**Fig. 2. Método de las dos Pinzas Amperimétricas**

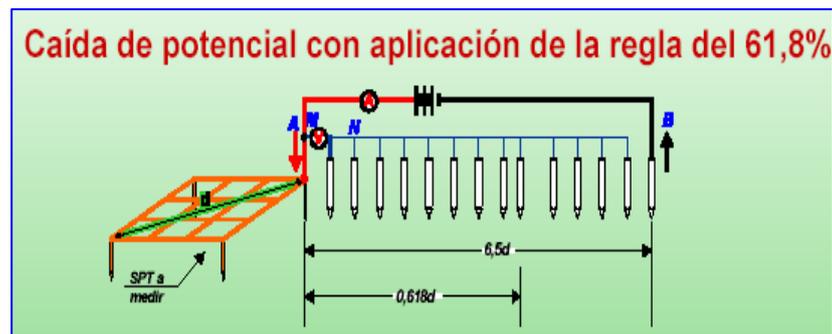


**Fig. 3. Método de los Cuatro Electrodo y una Pinza Amperimétricas**

### 3.0 MÉTODOS DE MEDICIÓN A SER UTILIZADOS.

#### a) MÉTODO DE CAÍDA DE POTENCIAL:

Es el método usado en la medición de la resistencia de tierra de pequeños electrodos. Se recomienda utilizarlo cuando la distancia entre electrodos C1 y C2 sea hasta de algunos cientos de metros por el trabajo que hay que realizar para extender los cables y recogerlos.

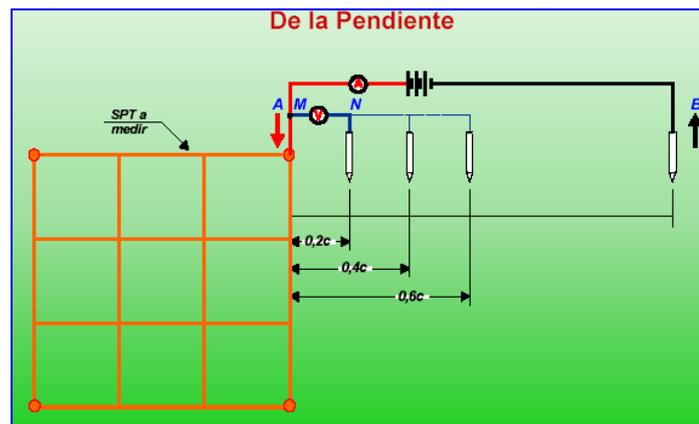




**Fig. 4. Método de la Caída de Potencial**

**b) MÉTODO DE LA PENDIENTE:**

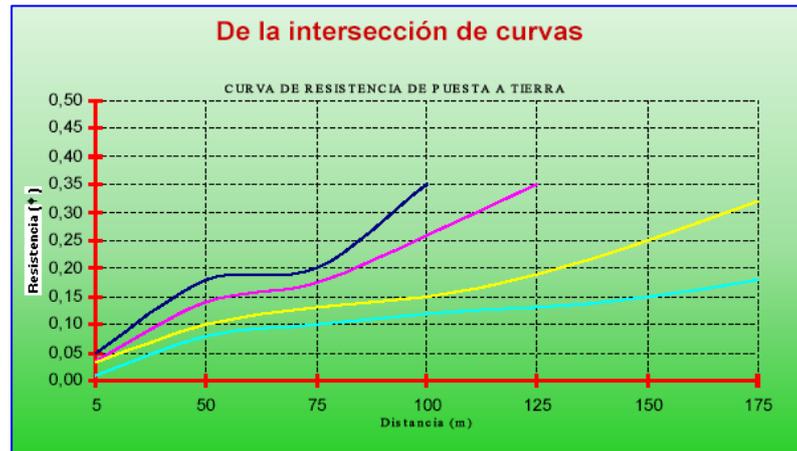
Este método es presentado como se indica en la figura 5.



**Fig. 5. Método de la Pendiente**

**c) MÉTODO DE LA INTERSECCIÓN DE CURVAS.**

Cuando se tienen grandes subestaciones en donde la distancia del electrodo bajo prueba y el de corriente es de varios cientos de metros (cerca de mil metros a más), se aplica este método.

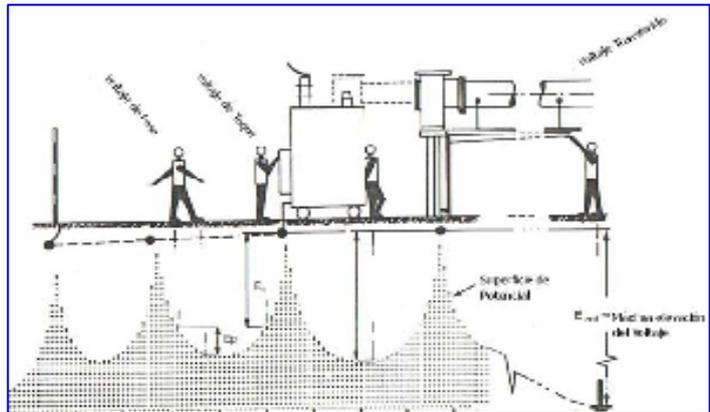


**Fig. 6. Método de la Intersección de Curvas**

### d) MEDICIÓN DE TENSIÓN DE TOQUE Y TENSIÓN Y DE PASO

**DESCRIPCIÓN:**

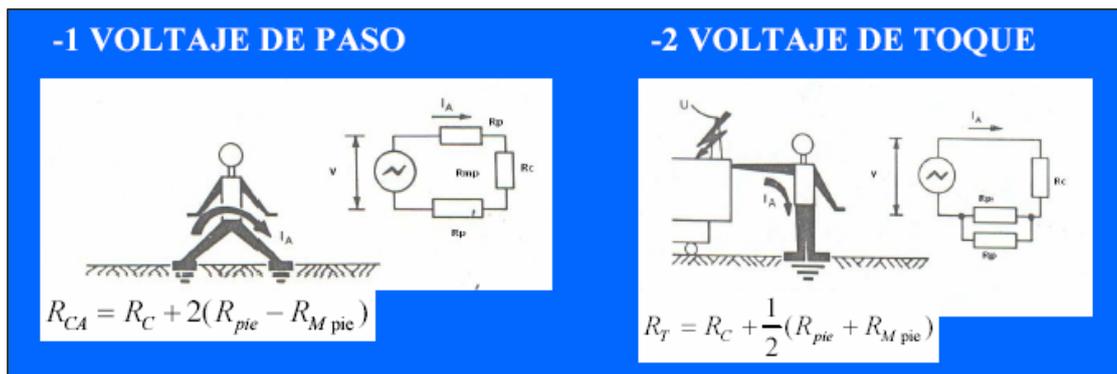
Para realizar la medición del potencial de toque se utiliza el mismo equipo empleado para en la medición de resistividad con cuatro puntos, con los cables C1 y P1 conectados a una parte metálica puesta a tierra, punto donde se quiere medir. El electrodo C2 se coloca en tierra donde pudiera ocurrir una falla.



En línea recta entre C1 y C2 y a un metro de distancia de C1-P1, se coloca P2, y luego se procede a medir la resistencia (Ohm). El valor obtenido marcará el potencial en Volt por Amper de corriente de falla. Este valor será multiplicado por la corriente de falla ( mayor valor estimado) para esta instalación, a fin de obtener la tensión de toque.

De manera similar se realizará la medición para obtener la tensión de paso.

Considerando 1 metro de distancia entre los puntos C1-P1 y P2, en línea recta con C2.



**Fig. 7. Tensión de Paso y de Toque**

Todos los métodos mencionados son de acuerdo a Normas Nacionales e Internacionales, así como experiencia de CENYTEC en este tipo de trabajos.

Se emplearán equipos de seguridad eléctrica, tales como: Electrodo de Puesta a Tierra en BT virtuales marca RITZ, guantes aislados, cascos aislados, detectores de tensión tipo pértigas; y herramientas aisladas especiales para este tipo de trabajos.

El acopio de la información será usando la memoria de los equipos de medición, toma de datos en forma escrita mediante formatos de toma de datos y tomas fotográficas con cámaras digitales de hasta 5 Megapíxeles marca Sony; tales datos serán transferidos a una computadora para su posterior análisis.

Se llevarán a cabo varias muestras antes de tomar el valor definitivo asegurándose la uniformidad y exactitud de los datos.

Las mediciones se harán en estricto orden del Cronograma de actividades desarrollado por CENYTEC y del Calendario de Visitas de Inspección y Mediciones aprobado por ENOSA.

## 4.0 Capítulo

### ***Puesta A Tierra del Equipo o Tierra de Seguridad***

#### 4.1 Objetivos

Después de completar este capítulo, el estudiante podrá:

- Explicar porque una tierra correcta y efectiva juega un papel muy importante en seguridad industrial y lo relacionado con un choque eléctrico.
- Explicar la relación entre corriente y voltaje en un choque eléctrico
- Explicar los factores que determinan la forma severa de un choque eléctrico
- Explicar la resistencia o impedancia del cuerpo humano
- Identificar la cantidad pequeña de corriente necesaria para causar la muerte.
- Explicar la forma en que las uniones eléctricas de las partes metálicas que encierran circuitos eléctricos pueden proteger contra choques eléctricos.
- Explicar las dos funciones principales de una puesta a tierra como control de voltaje y corriente.

Este capítulo trata sobre la relación entre un choque eléctrico y puesta a tierra. Muestra lo que pasa cuando una persona recibe un choque eléctrico.

**La referencia tierra es solo para funciones de seguridad.** El sistema eléctrico de distribución y el equipo energizado por éste, no requiere de esta conexión para que pueda operar apropiadamente. Un avión por ejemplo, lleva y requiere una gran cantidad de equipos eléctricos y electrónicos.

Estos equipos operan sin ninguna referencia a tierra. Los sistemas de control para las Estaciones Generadoras de Potencia también flotan -no tienen referencia a tierra-. Los Detectores de Tierra se usan para alarmar al personal de operación, de un corto circuito

de fase, inadvertido, o de un corto en un conductor neutral a tierra. La falla puede ser localizada y removida sin causar el cese de actividades del equipo generador.

El Código permite sistemas no conectados a tierra bajo muy específicas y rígidas condiciones. Sin embargo, casi todos los sistemas eléctricos son conectados a tierra y es mandatorio que se conecten a tierra.

En instalaciones eléctricas se leen algunos avisos tales como:

### **PELIGRO AL CONTACTO CON EL VOLTAJE.**

¿Que es lo que le pasa a una persona cuando recibe un choque eléctrico?

¿Es el voltaje lo que causa el daño? O ¿es la corriente la que causa este daño?

Con voltajes bajos, en el rango de 120/220/380/440 V, la corriente causa la mayor parte del daño. Con voltajes altos, ambos la corriente y el voltaje causan daños.

Al circular corriente por una unidad de calefacción, la cual es un elemento puramente resistivo, se produce calor. Cuando una corriente eléctrica circula por la resistencia del cuerpo humano, al igual se produce calor y este calor es lo que causa danos en el cuerpo.

El voltaje es la presión en un circuito eléctrico. Esta presión origina una corriente y también puede producir una explosión. A menudo cuando una persona es sujeta a un alto voltaje, este voltaje causa una explosión en el punto donde la corriente sale del cuerpo. Entre mas alto el voltaje, existen mayores probabilidades de que circulen corrientes en la baja resistencia del cuerpo.

## **4.1 Definición de la Tierra del Equipo**

La tierra del equipo juega un papel muy importante en los circuitos de sistema de alumbrado y de potencia. Pero su papel más importante la seguridad de sistema de tierra.

La tierra del equipo se define en el artículo 100, Figura 4-1 como: El conductor que conecta las partes metálicas que no transportan corriente de un equipo, conducto eléctrico y otras cubiertas, chasis, al conductor conectado a tierra, al conductor del electrodo de tierra o a ambos, en el equipo de servicio o en la fuente de un sistema derivado separadamente.

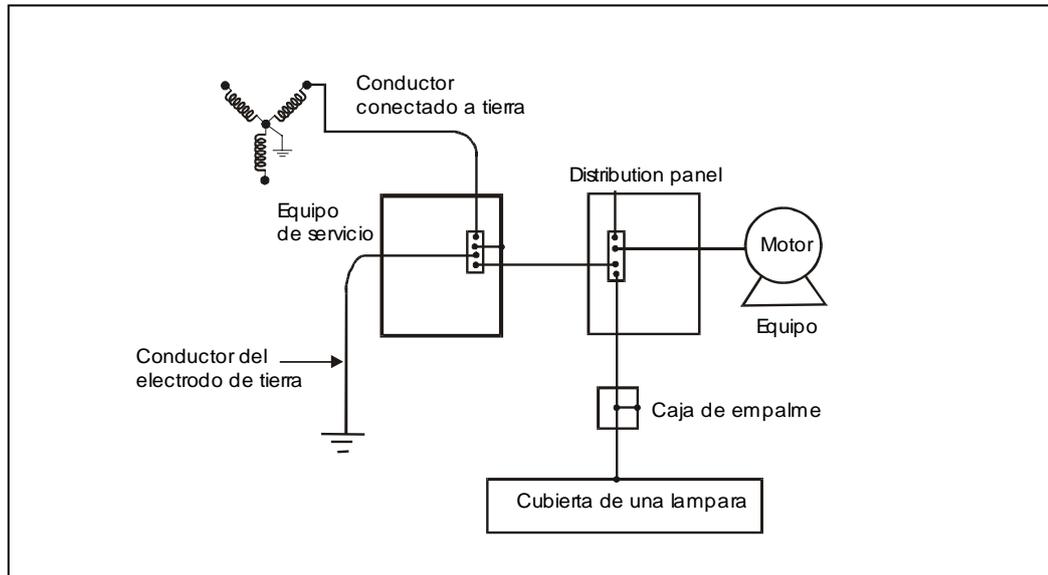


Figura 4-1  
Definición del conductor de tierra del equipo

El propósito de conectar el equipo a tierra es doble. El fin primario es el de salvar vidas, debido a choques eléctricos y los peligros de incendio. Durante fallas a tierra, el conductor de tierra del equipo limita el voltaje a tierra en las cubiertas y otros elementos conductivos del sistema eléctrico, los cuales no están destinados para transportar corriente.

La tierra del equipo Figura 4-2, facilita la operación de dispositivos de protección de los conductores, proporcionando una trayectoria de retorno de baja impedancia a la fuente común  $-X_0$  del transformador- para corrientes de falla.

Otra función importante es proporcionar una referencia estable para la electrónica, para la fuente de suministro de cc y la lógica del sistema electrónico.

También provee un punto común de conexión para el blindaje de cable de datos, para proteger los datos de lógica contra cualquier interferencia electromagnética.

Existe una razón muy importante para mantener esta continuidad del circuito: **El punto de conexión es el punto en el cual ocurren la mayor parte de las fallas eléctricas.**

Esta “tierra de seguridad” o “tierra del equipo” se hace por medio del “conductor de conexión a tierra” o por medio de un puente de unión. El conductor de conexión a tierra o “puente de unión” es unido al conductor neutral y al conductor del electrodo de tierra o a la cubierta del equipo de servicio en el equipo de servicio de entrada o en el terminal  $X_0$  de una fuente de potencia derivada separadamente tal como un transformador.

El conductor de tierra del equipo no esta destinado a transportar corriente, excepto en casos en de falla de acuerdo a la Sección 250-6 del código.

La tierra del equipo es importante para cumplir el propósito del código, el cual es la protección y seguridad personal y seguridad del equipo de peligros que puede presentar la energía eléctrica.

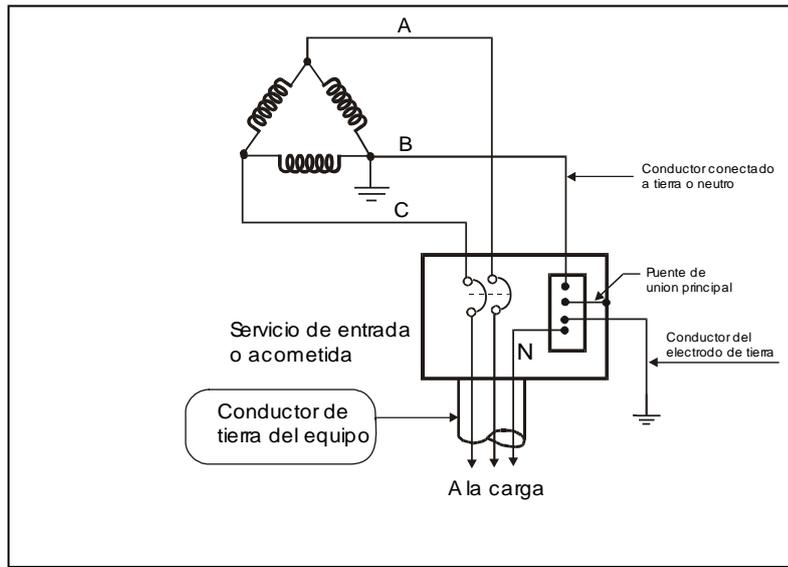


Figura 4-2  
Conductor de tierra del equipo o tierra de seguridad

El conductor de tierra del equipo se utiliza para conectar a tierra las cubiertas metálicas del equipo eléctrico, y otras partes metálicas del sistema que no transportan corriente.

## 4.2 La Severidad de un Choque Eléctrico

Cuando una persona toca un alambre de un circuito de 120 volts con una mano y tiene un pie sobre la tierra se genera una trayectoria para la corriente. La magnitud de esta corriente a través del cuerpo se limita por el voltaje y la resistencia del cuerpo. Ver Figura 4-3. La severidad de este choque eléctrico se determina por tres factores:

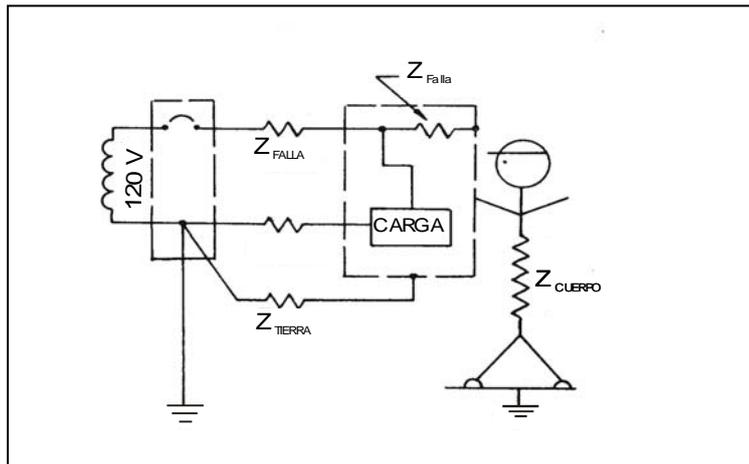


Figura 4-3  
Choque eléctrico

Los conductores a tierra deben conectar todas las armaduras de equipos, chasis y partes metálicas a un punto común. Esto limita el voltaje que puede estar presente en la porción metálica de cualquier producto a un nivel de seguridad para la protección del personal.

Cualquier diferencia de voltaje entre los dos terminales de un conductor de tierra de seguridad (de conexión a tierra), nunca debe exceder una fracción de un voltio a frecuencias de potencia de 50 o 60 Hz.

La excepción a esto ocurre durante una condición de falla a tierra y debería existir solamente un tiempo suficiente para permitir que el elemento del circuito de protección (interruptor de corriente automático o fusible), interrumpa la energía de la fuente.

El conducto y el conductor a tierra no están destinados para transportar cualquier porción de carga normal de corriente. Su función es la de transportar corrientes de falla **solamente**.

Las corrientes de fuga y ruidos eléctricos de corriente, pueden sin embargo estar presentes de vez en cuando. Estos, sin embargo, no deben exceder 0.2 amperes. Las normas médicas para corrientes de fuga, de acuerdo a los laboratorios UL, para un solo equipo, no pueden exceder 0.5 mA (UL 544).

A frecuencias de potencia, 30 volts RMS (valor medio cuadrático) es comúnmente el voltaje especificado como límite máximo de seguridad para el contacto humano. Una excursión momentánea por encima de este valor durante el tiempo que toma un fusible o un interruptor para aclarar la falla, puede resultar en un peligro significativo.

A altas frecuencias y con impulsos de corta duración, el cuerpo humano puede tolerar voltajes y corrientes mucho más altos que los de frecuencia de potencia. Afortunadamente ya que al incrementarse el contenido de la frecuencia, la caída de voltaje para una corriente de fuga o ruido determinados, también aumenta.

La lectura de un amperímetro de inserción en cualquier conductor de conexión a tierra debería indicar cero amperes. Cualquier lectura en exceso de 0.2 amperes debe causar preocupación y la causa de este excedente debe ser encontrada y eliminada.

La severidad de un choque eléctrico depende de:

- La trayectoria de la corriente a través del cuerpo
- La duración que toma la corriente en circular
- La cantidad de corriente a través del cuerpo
- Los metales no conectados a tierra son potenciales de choques eléctricos.

#### **4.3 Estudios sobre los Efectos de un Choque Eléctrico en el Cuerpo Humano**

La corriente que puede soportar el cuerpo humano es muy baja. El cuerpo solo puede acarrear una fracción de corriente antes de que cause daño. Una corriente de 80 miliamperes (.080 A) puede ser fatal.

En hospitales y lugares dedicados al cuidado de la salud, existe la preocupación de que tan solo microamperes (.000001 A) puedan causar daños a los pacientes.

Aplicando una impedancia de 1500 ohms y varios voltajes de circuito y aplicando la fórmula empírica de Charles Dietzel quien estudio los efectos del choque eléctrico en el cuerpo humano obtenemos:

$$t = 0.027 \div I^2$$

**donde: t = tiempo en segundos**  
**I = corriente en amperes**

Para varios servicios obtenemos el choque eléctrico máximo antes de que el corazón entre en fibrilación y cause la muerte, ver Figura 4-4.

<u>VOLTAJE DE CIRCUITO (V)</u>	<u>DURACION (SEGUNDOS)</u>
120	4.2
220	1.05
277	0.8
480	0.26

Figura 4-4

Duración de un choque eléctrico antes de que el corazón entre en fibrilaciones

Como ejemplo una bombilla incandescente de 100 vatios, en un circuito de 120 volts, usa 833 miliamperes (.830 A). Solo se requiere 80 mili amperes para causar la muerte o sea que se requiere menor corriente que para prender una bombilla incandescente.

#### 4.4 Voltaje o Tensión.

Términos muy usados para expresar voltaje son diferencia de potencial, tensión o potencial. Estos términos significan lo mismo o sea miden la presión eléctrica. Cuando se quiere saber el voltaje entre dos puntos particulares de un circuito muy a menudo se utiliza el término diferencia de potencial.

La Figura 2-3 muestra la diferencia de potencial entre los puntos 2 y 3. En este ejemplo la diferencia de potencial entre estos dos puntos es de 40 volts. Cuando se instala un puente de unión entre los puntos 2 y 3 como se muestra en la Figura 4-5, la diferencia de potencial es cero. Al instalarse el puente de unión se realizan dos cosas: a) Se mantiene el voltaje en ambos puntos, b) Se le da a la corriente otra trayectoria de baja impedancia o de baja oposición al flujo.

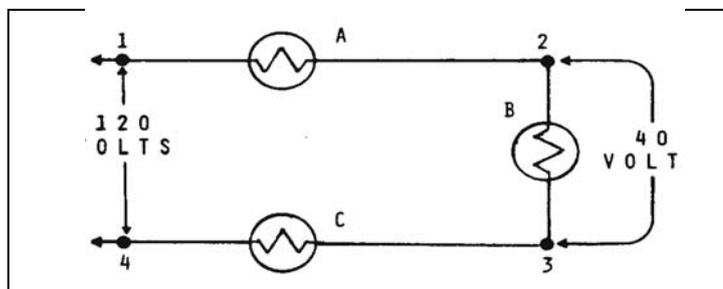


Figura 4-5

Diferencia de potencial entre dos puntos

Usando un puente de unión, los dos puntos se han unido y ahora se encuentran al mismo potencial. Los puentes de unión se usan para el sistema de puesta a tierra y el objetivo es mantener un mismo potencial del sistema.

En la Figura 4-6 los puntos 2 y 3 se encuentran situados en la misma tubería de metal y se pueden considerar como si estuvieran unidos. Por lo tanto se encuentran al mismo potencial. El motor no se encuentra unido ni tampoco se ha conectado a tierra. Se encuentra aislado. No existe una conexión entre el armazón del motor y la tubería metálica.

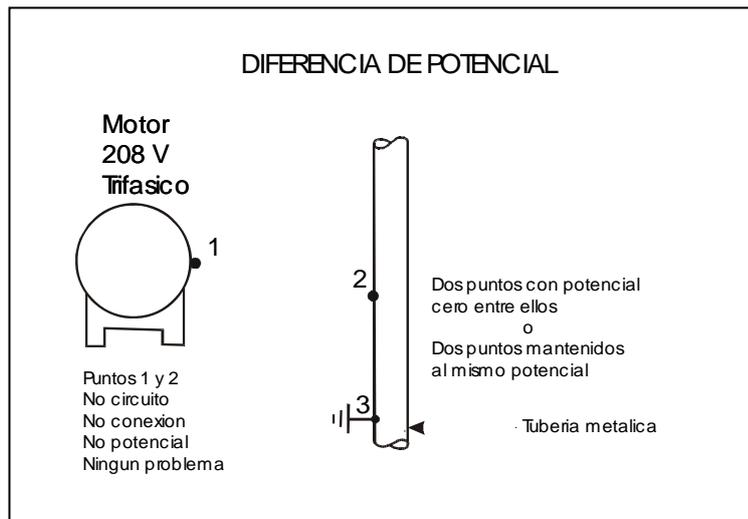


Figura 4-6  
Diferencia de potencial entre una tubería metálica aterrizada  
y un motor no aterrizado

## 4.5 Puesta a Tierra y Choque Eléctrico

La Figura 4-7 muestra una falla o corto circuito dentro de un motor trifásico de 208 volts, de manera que el chasis del motor se puede considerar vivo o energizado.

Una vez que ocurre una falla dentro del motor, la armazón metálica de este se encuentra al mismo potencial a tierra que el conductor de fase.

Ahora existe un peligro y las probabilidades de un accidente, en caso de que alguien toque al mismo tiempo el armazón del motor y una superficie conectada a tierra. Ahora existe una diferencia de potencial entre el punto 1 y los puntos 2 y 3.

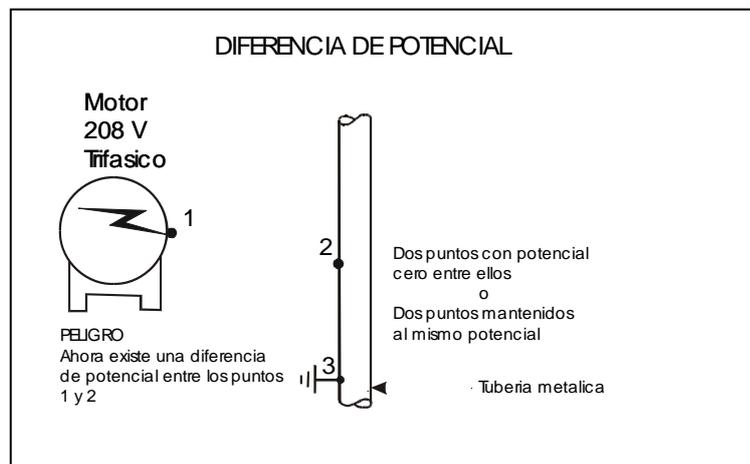


Figura 4-7  
Falla a tierra del motor. Existe un peligro

La diferencia de potencial depende de que tan efectiva es la unión de la fase al armazón del motor. Puede ser los 208 volts o una porción de estos. Pero existe de todas maneras una diferencia de potencial entre el armazón del motor y cualquier superficie conectada a tierra.

La Figura 4-8 muestra un accidente en el momento de ocurrir. Alguien toca el armazón metálico del motor y una tubería metálica, al mismo tiempo. Esto crea un circuito eléctrico completo a través de la persona, quien ahora recibe un choque eléctrico.

¿Cuál sería el voltaje a través de la víctima?

Todo depende de que tan efectivo es el contacto de la persona para completar el circuito y de la impedancia del sistema y de la persona. Este no es únicamente el único peligro existente.

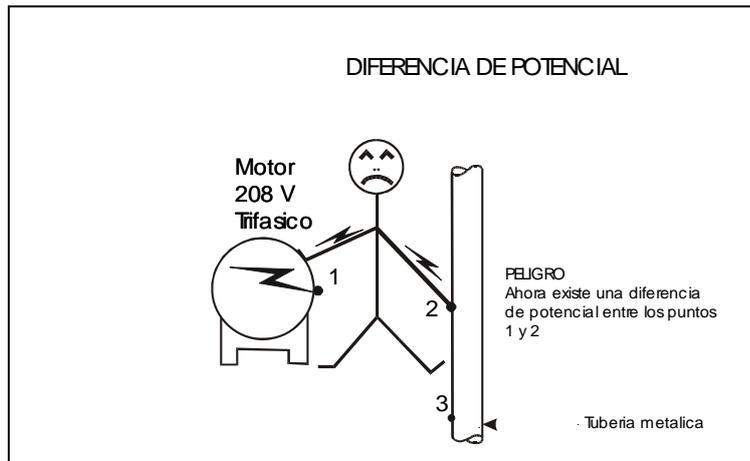


Figura 4-8  
Un choque eléctrico

La Figura 4-9 ilustra el segundo peligro. Una persona toca el armazón del motor y otra superficie conectada a tierra del mismo potencial que la tubería metálica de agua. De nuevo, se puede observar la trayectoria de la corriente a través del cuerpo. La severidad del choque eléctrico de la víctima de la forma en que la víctima este conectada al circuito eléctrico.

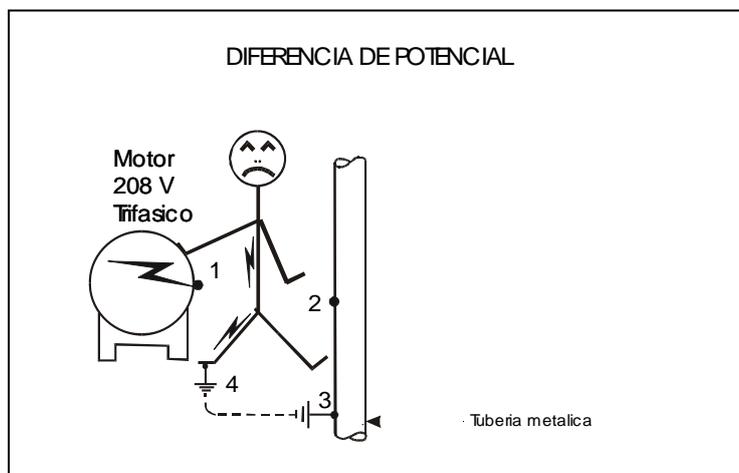


Figura 4-9  
Existe otro peligro de choque eléctrico

En la Figura 4-10 se conecto un puente de unión. Esta instalación es parte de un sistema correctamente conectado a tierra, el cual elimina los peligros que existían anteriormente.

Sin embargo, **el puente de unión no se conecta individualmente al armazón del motor, este conductor de tierra se extiende en paralelo con los conductores de circuito.**

Instalando este puente, la diferencia de potencial entre el armazón del motor y otras superficies conectadas a tierra han sido eliminadas.

Conectando el puente, se crea otra trayectoria para que la corriente fluya y muy posiblemente permitirá que se activen los interruptores de circuito, y así eliminando los peligros de choque eléctrico y al tiempo protegiendo el motor de un daño costoso.

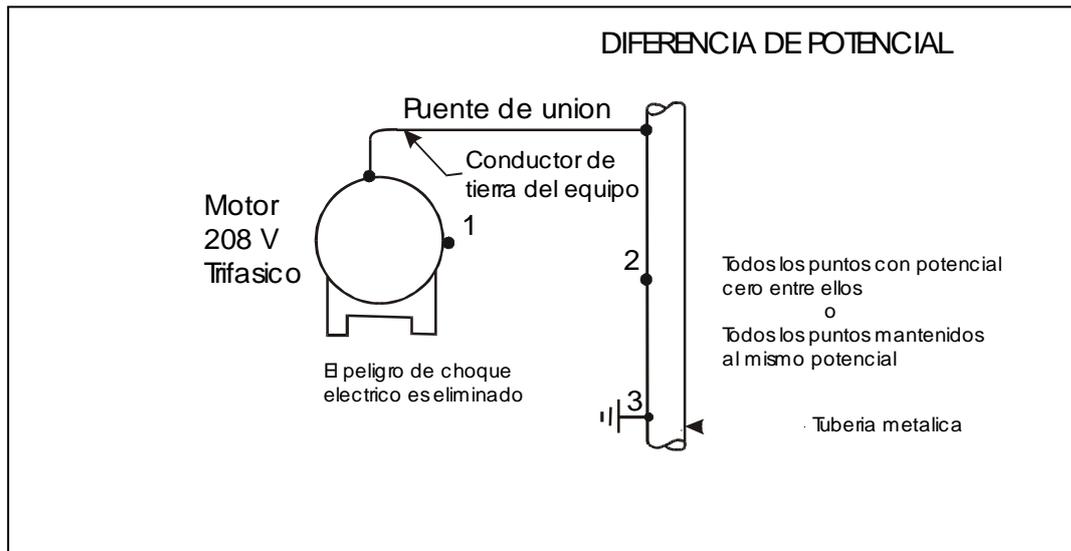


Figura 4-10  
El peligro se elimina Instalando un puente de unión

## 4.6 Trayectoria de Tierra Efectiva

La Sección 250-2(d) describe una conexión a tierra efectiva. De acuerdo al código, la trayectoria conductiva a tierra debe cumplir con el siguiente criterio:

1. Continuidad. Debe ser continua. La continuidad a veces depende de las conexiones mecánicas.
2. Baja impedancia. Mantener la oposición al flujo de corriente tan baja como sea posible.
3. La sección del cable, debe ser de tal tamaño que pueda transportar la corriente de falla sin ningún peligro.
4. La tierra no debe usarse como el único conductor de tierra del equipo.

Bajo condiciones de falla la tierra es el circuito eléctrico. El circuito de tierra es planificado y preparado, como si la falla fuera a ocurrir.

## 4.7 Tipos de Conductores para Tierra del Equipo

El conductor de la tierra del equipo puede ser una canalización metálica, una cubierta metálica, o un conductor eléctrico o una combinación de canalizaciones metálicas, cubiertas, y conductores.

## 4.8 Identificación del Conductor de Tierra del Equipo

El conductor de conexión tierra -si no es desnudo- debe ser identificado ya sea con un color verde continuo o con un color verde continuo y una o más rayas amarillas. El color es especificado en las Secciones 210-119 y 310-12(b) del Código Nacional Eléctrico. La Sección 250-119 también permite identificar el conductor de las siguientes formas:

- a) quitando el aislamiento del conductor en la longitud expuesta,
- b) coloreando el aislamiento expuesto o cubriéndolo de verde,
- c) marcando los extremos expuestos con una cinta verde o etiquetas adhesivas de color verde.

## 4.9 Instalación del Conductor de Tierra del Equipo

El conductor de tierra del equipo proporciona una trayectoria de baja impedancia al equipo de servicio. En el equipo de servicio se conecta al conductor del electrodo de tierra, el cual proporciona una trayectoria al electrodo de tierra.

Cualquier conexión de baja resistencia (fuga) o conexión de resistencia cero (falla) entre un conductor no conectado a tierra (de fase o vivo) y un conductor conectado a tierra, cubierta o chasis de equipo, produce una corriente eléctrica, ver Figura 4-11.

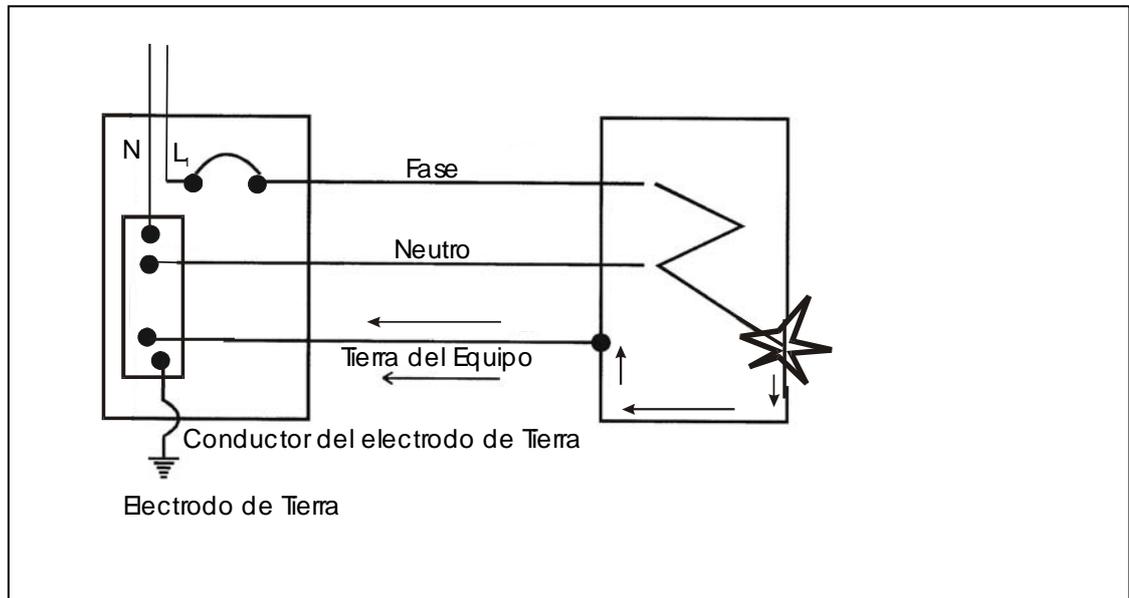


Figura 4-11  
Retorno de una corriente de falla

Una corriente de fuga a través de una conexión de baja resistencia puede ser drenada sin consecuencias serias. Las corrientes de fuga, sin embargo, pueden ser suficientes, para presentar un peligro de seguridad. La falla de algunos dispositivos de microprocesadores los cuales son conectados fase-a-tierra, puede generar corrientes de fuga peligrosas.

Toda corriente originada en la fuente de energía debe retornar a esa fuente. Las corrientes de fuga retornan por medio de la tierra, y el voltaje del equipo será entonces la cantidad de corriente (amperes) multiplicada por la resistencia de la trayectoria de tierra al punto común de la fuente de energía ( $E=IR$ ).

Una conexión de resistencia cero (corto circuito o falla) producirá como resultado que la corriente total presente de falla fluya al punto de falla. Este valor de corriente es el voltaje del sistema dividido por la suma de la impedancia de la fuente y la impedancia del alambre en el lazo cerrado, desde el terminal de fase, a través de la falla, al terminal común ( $I=EZ$ ).

#### 4.10 Conducto Metálico Flexible

La sección 250-118(8) permite la utilización de conducto metálico flexible como conductor de tierra del equipo. Sin embargo, existen limitaciones para su uso. El código permite conducto metálico flexible si:

1. el tubo flexible se encuentra aprobado como conductor de tierra del equipo
2. la longitud de la trayectoria a tierra no exceda 1.8 m (6 pies).
3. los conductores de circuitos dentro del tubo flexible metálico no tienen mas de 20 amperes de protección contra sobrecorriente

La razón de estos requerimientos es debido a situaciones donde bajo condiciones de falla, la sección transversal del tubo flexible fue muy pequeña para transportar la corriente de falla.

#### 4.11 Calibrando el Conductor de Tierra del Equipo

Las regulaciones para calcular el tamaño del conductor de tierra del equipo se encuentran en la Sección 250-122. Figura 4-12. Estas son:

1. La tabla 250-122 se usara para dimensionar el conductor de tierra del equipo
2. Cuando conductores se extienden en paralelo en mas de un conducto, se permite que el conductor de tierra del equipo se extienda en paralelo. Cada uno de los conductores de tierra del equipo en paralelo es dimensionado de acuerdo a la capacidad de amperaje del dispositivo de protección contra sobrecorriente que protege el conducto.
3. Cuando los conductores son ajustados de tamaño para compensar la caída de voltaje, el conductor del electrodo de tierra debe ser ajustado en tamaño de manera correspondiente.

Cuando se instala mas de un circuito en un solo conducto, se instala un conductor de tierra del equipo y es dimensionado de acuerdo al dispositivo de protección de mayor amperaje que protege los conductores del conducto.

4. Se permite un conductor de tierra del equipo, no menor de Núm. 18 de cobre para cordones flexibles cuando el cordón flexible esta protegido a un amperaje de 20 amperes o mayor.
5. Nunca se requiere que el calibre del conductor de tierra del equipo sea mayor que el de los conductores de circuito.
6. Cuando el dispositivo de protección de los conductores es un interruptor instantáneo o un protector de motor, el conductor de tierra del equipo se calibra de acuerdo al tamaño del dispositivo de protección de sobrecarga del motor.

## CALIBRANDO EL CONDUCTOR DE TIERRA DEL EQUIPO

Figura 4-12

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc.  No mayor en (amperes)	Sección transversal Cobre		Sección transversal Aluminio	
	mm <sup>2</sup>	AWG Kcmil	mm <sup>2</sup>	AWG Kcmil
	15	2.082	14	3.307
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	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	405.4	800
5000	354.7	700	612	1200
6000	405.4	800	612	1200

Tabla 250-122 del código

Debe observarse que el título de la Tabla 250-122 se aplica tanto a canalizaciones como a equipo. La columna de la izquierda indica que el tamaño del conductor de tierra del equipo se dimensiona de acuerdo al dispositivo de protección de los conductores de fase.

Específicamente, la sección 250-28(d) prescribe que el calibre mínimo permisible del Punteo de Unión, se determinará de acuerdo con la tabla 250-66 del Código. Esta tabla también dicta el calibre mínimo permisible para el conductor del electrodo de tierra. El Punteo de Unión y el conductor de electrodo de tierra serán del mismo calibre.

La Tabla 250-122 especifica los calibres mínimos permisibles de los conductores de cobre o aluminio usados como los conductores a tierra del equipo.

### 4.12 Condiciones de Falla

Las condiciones que predominarían en un sistema de potencia, bajo condiciones de fallas a tierra, son ilustradas en la Figura 4-13.

El sistema en este ejemplo es un sistema trifásico de 400 amperes de corriente, un servicio de cuatro- hilos 120/240 V en Delta que suministra a un panel de distribución por medio de un conducto no metálico; los conductores de fase de servicio son 500 Kcmil de cobre. El electrodo de tierra es un electrodo “fabricado”.

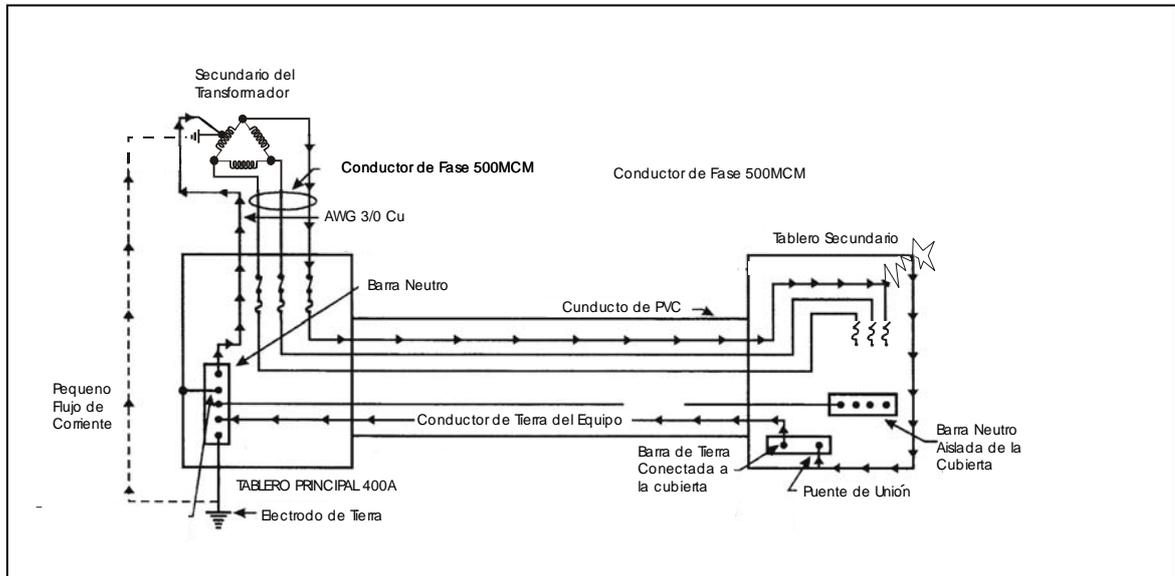


Figura 4-13  
Trayectoria de la corriente de falla por medio del  
Conductor de tierra del equipo y el conductor conectado a tierra

De acuerdo al Código Nacional Eléctrico, sección 250-28(d), el Puente de Unión principal debe ser calibrado de acuerdo a la Tabla 250-66. Este debe ser o un cable Núm. 1/0 AWG de cobre o un conductor de aluminio Núm. 3/0 AWG.

Debido a la alta impedancia de la trayectoria en paralelo a tierra impuesto por los electrodos enterrados, solo una pequeña corriente de falla fluye por el electrodo de tierra del equipo de servicio de entrada y luego por medio de la tierra de regreso al neutral del transformador conectado a tierra. Un conductor #6 AWG de cobre (varilla de tierra) es por lo tanto adecuado como conductor del electrodo de tierra.