

# UNIDAD I

---

## *Generalidades y conexiones de la puesta a tierra*

---



# Índice

## Unidad I: "GENERALIDADES Y CONEXIONES DE LA PUESTA A TIERRA"

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introducción.....                                                             | 1  |
| 2. Objetivos .....                                                               | 1  |
| 3. Contenido .....                                                               | 1  |
| 3.1 Antecedentes técnicos.....                                                   | 1  |
| 3.1.1 Regulaciones oficiales .....                                               | 1  |
| 3.1.1.1 El código nacional de electricidad.....                                  | 1  |
| 3.1.1.2 El decreto supremo N° 25-94 .....                                        | 2  |
| 3.1.2 Servicio eléctrico .....                                                   | 3  |
| 3.1.2.1 Las acometidas para servicio eléctrico.....                              | 3  |
| 3.1.2.2 Las instalaciones eléctricas interiores .....                            | 4  |
| 3.2 Introducción y objetivos de la puesta a tierra.....                          | 5  |
| 3.2.1 Definiciones de términos.....                                              | 5  |
| 3.2.2 Justificación a la puesta a tierra.....                                    | 7  |
| 3.2.3 El toque eléctrico.....                                                    | 8  |
| 3.2.3.1 El contacto directo .....                                                | 8  |
| 3.2.3.2 El contacto indirecto .....                                              | 9  |
| 3.2.4 Falla de los aparatos eléctricos .....                                     | 9  |
| 3.2.4.1 Recorrido de las corrientes de falla - $I_F$ .....                       | 9  |
| 3.2.4.2 Corrientes admisibles por el cuerpo humano - $I_K$ .....                 | 10 |
| 3.2.5 Parámetros eléctricos en el cuerpo humano .....                            | 11 |
| 3.2.5.1 Resistencia eléctrica - $R_K$ .....                                      | 11 |
| 3.2.5.2 Potenciales admisibles - $V_K$ .....                                     | 12 |
| 3.2.6 Objetivos de la puesta a tierra.....                                       | 13 |
| ¿Por qué conectar a tierra sistemas y circuitos.....                             | 13 |
| 3.3. Tipos de puesta a tierra.....                                               | 14 |
| 3.3.1 Conexiones típicas de aterramiento del neutro de un sistema eléctrico..... | 14 |
| 3.3.1.1 Sistema eléctrico con neutro aislado .....                               | 14 |
| 3.3.1.2 Sistema eléctrico con neutro a tierra .....                              | 15 |
| 3.3.1.3 Sistemas de alimentación en 220 V .....                                  | 16 |
| 3.3.2 Puesta a tierra típica en instalaciones .....                              | 21 |
| 3.3.2.1 Puesta a tierra de los sistemas eléctricos.....                          | 22 |
| 3.3.2.2 Puesta a tierra de los equipos eléctricos .....                          | 22 |
| 3.3.2.3 Puesta a tierra en señales electrónicas .....                            | 23 |
| 3.3.2.4 Puesta a tierra de protección electrónica .....                          | 23 |
| 3.3.2.5 Puesta a tierra de la protección atmosférica .....                       | 23 |
| 3.3.2.6 Puesta a tierra de protección electroestática .....                      | 23 |
| 3.3.3 Normas de referencia .....                                                 | 24 |
| 4. Resumen.....                                                                  | 25 |
| 5. Preguntas de autocomproación.....                                             | 26 |
| 6. Respuestas a las preguntas de autocomprobación .....                          | 27 |

# UNIDAD I

## "GENERALIDADES Y CONEXIONES DE LA PUESTA A TIERRA"

### 1. INTRODUCCIÓN

En esta unidad se describen los aspectos genéricos que sustenta la realización de una conexión a tierra, tales como: las regulaciones existentes, términos mas usuales en la puesta a tierra, aspectos sobre el contacto directo e indirecto y con ello las fallas en los aparatos eléctricos y el recorrido de las mismas. Así también, se mencionan las corrientes admisibles por el cuerpo humano, para luego plantear los objetivos de la puesta a tierra y precisar que existen diferentes tipos de puesta a tierra.

### 2. OBJETIVOS

En esta unidad el participante debe lograr los siguientes objetivo:

1. Conocer los antecedentes técnicos
2. Diferenciar e interpretar los fenómenos que se presentan durante las fallas
3. Identificar los objetivos de la puesta a tierra
4. Diferenciar los diversos tipos de puesta a tierra.

### 3. CONTENIDO

#### 3.1. ANTECEDENTES TÉCNICOS

##### 3.1.1. REGULACIONES OFICIALES

La autoridad administrativa sectorial en el sector eléctrico tiene a su cargo el Código Nacional de Electricidad como instrumento de Normativa Técnica, cuyas aplicación de pautas y recomendaciones se asimila al otorgamiento de Licencias de Construcción por parte de las municipalidades con la participación de organismos especializados como el Colegio de Ingenieros del Perú.

##### 3.1.1.1 EL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

Es un compendio de Normas (Fig.1.1), recomendaciones y procedimientos para cautelar la seguridad de las personas contra el peligro del uso de la electricidad; la versión al mes de mayo de 1978 consta de cinco tomos, orientados a subsistemas, en ellos se privilegia la conexión a tierra; empezando por el Tomo 1, capítulo 3 título 3.5.1, inciso c) que considera requisito mínimo de seguridad contra accidentes eléctricos, la conexión a una toma de tierra de todas las masas de una misma instalación.



Fig. 1.1 Código nacional de electricidad

### 3.1.1.2 EL DECRETO SUPREMO N° 25 – 94

Es una directiva de rango superior, emitida el 7/12/94 (Fig. 1.2) que encarga a las municipalidades el otorgamiento de licencias de construcción, el control de las mismas y la conformidad de la obra de toda edificación dentro de su jurisdicción, proponiendo asimismo, los organismos que intervienen en la aprobación y los documentos técnicos a ser examinados, entre los cuales se cuentan los planos de instalaciones eléctricas según prescripciones del Código Nacional de Electricidad.



Fig. 1.2 Decreto supremo N° 25-94

Las edificaciones que no incluyen en sus instalaciones eléctricas interiores, la puesta a tierra con el respectivo circuito de protección que llega hasta la tercera entrada de los receptáculos de tomacorrientes, contravienen la norma e incumplen la licencia de construcción otorgada.

### **3.1.2. EL SERVICIO ELÉCTRICO**

La empresa de distribución provee el servicio en el punto de conexión del medidor; desde allí hacia el interior, las instalaciones eléctricas son de total responsabilidad del cliente.

#### **3.1.2.1 LAS ACOMETIDAS PARA SERVICIO ELÉCTRICO**

Cuando parten de una red subterránea de baja tensión en 220 V (Fig. 1.3), los conductores ingresan a la caja del medidor por debajo a través de los ductos acondicionados; dicha instalación debe estar protegida contra los derrames de agua y la acción de los roedores.

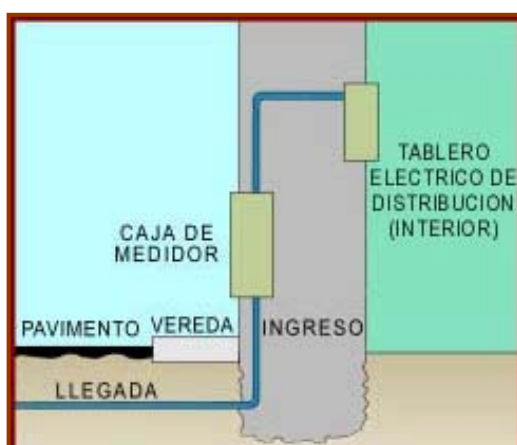


Fig. 1.3 Acometida subterránea

Cuando parten desde una red de baja tensión en 220 V (Fig. 1.4), los conductores de entrada a la caja del medidor lo hacen por encima a la altura de guarda, por un tubo de plástico moldeado en forma curva para evitar el ingreso de agua.

La preservación respecto de la humedad y el agua, así como de cualquier daño en las acometidas del servicio eléctrico, resulta ser indispensable para evitar la electrización de la caja del medidor y los toques directos.

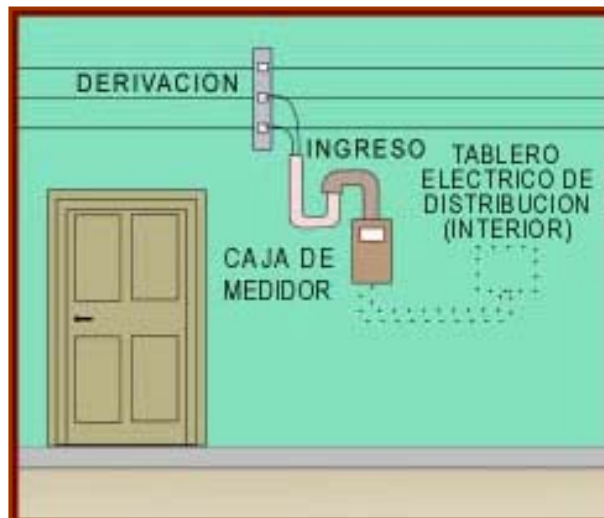


Fig. 1.4 Acometida aérea.

### 3.1.2.2 LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES

Los alimentadores principales llegan al tablero de distribución, provenientes del medidor y desde allí se reparten a través de interruptores en diferentes circuitos, normalmente de tres conductores para tomacorrientes y cargas especiales (dos energizados y uno para conexión a tierra); y de dos conductores para iluminación (ambos energizados) (Fig. 1.5)

Las instalaciones interiores que no presentan dicha configuración, son irregulares y son peligrosas porque pueden propiciar daños a la salud o muerte de las personas que hagan contacto eléctrico accidental.

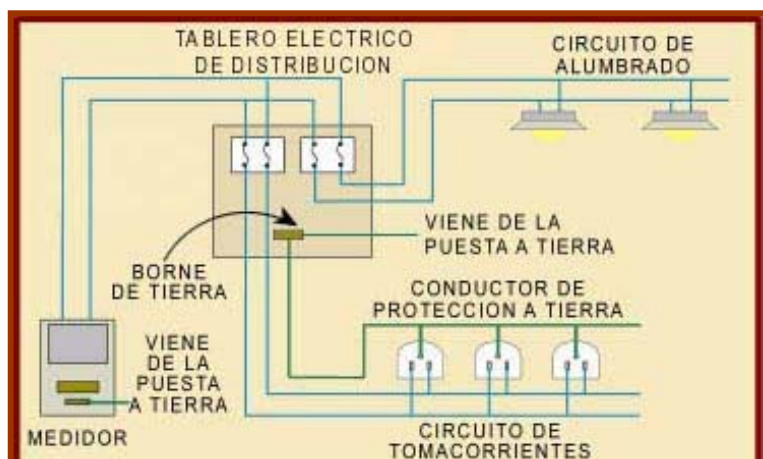


Fig. 1.5 Componentes interiores.

### 3.2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA PUESTA A TIERRA

Antes de definir los objetivos de una puesta a tierra, es importante conocer algunos términos empleados, así como, los fenómenos que se presentan durante una fallas, el recorrido de esta falla por el cuerpo humano y las corrientes admisibles.

#### 3.2.1. DEFINICIONES DE TÉRMINOS

Es conveniente definir algunos términos que tienen relación con el tema de puesta a tierra y los que utilizaremos durante el desarrollo del presente curso.

- **Caída de potencial o tensión:** Es la diferencia entre las tensiones medidas en dos puntos diferentes de una línea en un momento dado.
- **Conductor de protección:** Conductor usado para conectar las partes conductivas de los equipos, canalizaciones y otras cubiertas, entre sí y/o con el (los) electrodo (s) de puesta a tierra, o con el conductor neutro, en el tablero, el equipo de conexión o en la fuente de un sistema derivado separadamente.
- **Conductor de puesta a tierra:** Conductor usado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de protección.
- **Contacto directo:** Es el contacto accidental de personas con un conductor activo (fase o neutros) o con una pieza conductora que habitualmente está con tensión.
- **Contacto indirecto:** Es el contacto de una persona con masas metálicas accidentalmente puestas bajo tensión, siendo esto el resultado de un defecto de aislamiento.
- **Contacto a tierra:** Conexión accidental de un conductor con la masa terrestre (tierra), directamente a través de un elemento extraño.
- **Electrodo de puesta a tierra:** Electrodo que se hincó en tierra para ser utilizado como terminal a tierra, tal como una barra de cobre.
- **Impedancia:** Una cantidad compleja cuyo coeficiente es el módulo de la impedancia, cuyo argumento es el ángulo de fase de la tensión menos el ángulo de fase de la corriente.
- También, se define como la oposición total o una corriente alterna. Se presenta por  $Z$  y se expresa en ohm. Puede consistir sólo en resistencia, reactancia, reactancia inductiva, reactancia capacitiva o una combinación de estos efectos.
- **Neutro (Tierra):** Es una conexión a tierra de o de los puntos neutros de un circuito, transformador, maquinaria rotativa o sistema.

- **Puesta a tierra:** Comprende a toda ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno. No existen diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falla o la descarga de origen atmosférico.
- **Tensión de paso:** Es la diferencia de potencial (tensión) máxima entre dos puntos sobre el terreno separados entre sí a una distancia de un paso, la cual se supone de un metro, en la dirección de máxima gradiente de potencial.
- **Gradiente de potencial:** Es la pendiente del gráfico de perfil de potencial (tensión), cuya trayectoria intercepta en ángulo recto las líneas que se encuentran a igual potencial en un instante dado.
- **Tensión de toque:** Es la diferencia de potencial máxima entre una estructura u objeto metálico puesto a tierra y un punto sobre la superficie del terreno a una distancia horizontal de un metro.
- **Aparato eléctrico:** Es todo dispositivo, equipo o artefacto que funciona con energía eléctrica, ya sea en forma estática o mediante movimiento.
- **Conexión a tierra:** Unión mediante un conductor, desde el terminal de tierra o masa de un aparato eléctrico, con una puesta a tierra.
- **Resistencia de dispersión:** Resistencia que opone la puesta a tierra al paso de la corriente eléctrica. Conviene que sea mínima para brindar mejor protección.
- **Terminal de conexión a tierra o borde de tierra:** es un punto aislado de los conductores eléctricos, pero no de la masa del aparato, al cual se une sólidamente el conductor de conexión a tierra.
- **Masa o carcasa:** Es la caja metálica exterior que contiene a un aparato eléctrico, presentando un punto, denominado terminal o borne en el cual se realiza la conexión a tierra.
- **Puesta a tierra o aterramiento (P.A.T.):** Instalación de seguridad eléctrica en la que un electrodo de cobre es enterrado en el suelo con la finalidad de dispersar corrientes eléctricas para evitar accidentes.
- **Poner a tierra o aterrizar:** Equivale a realizar la conexión de una masa o un punto neutro a una puesta a tierra.
- **Electrodo de puesta a tierra o electrodo de aterramiento:** Es un conductor metálico rectilíneo resistente al ataque corrosivo (cobre), embutido directamente en el suelo o en el relleno de una excavación, puede tener diferentes formas.

- ### 3.2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA

A diagram of a house illustrating the distribution of electricity. A central meter is located in the ground, connected to a main red line that runs horizontally through the base of the house. From this main line, several red lines branch out to different rooms and outlets. One line goes to a bedroom where a person is sitting in a green armchair watching a television. Another line goes to a kitchen where a person is standing at a counter. A third line goes to a study where a person is sitting at a desk using a computer. Additionally, there are three electrical outlets on the right wall, each connected to the main red line by a red branch. The house is shown in cross-section, revealing the interior layout and the flow of electricity.

Fig. 1.6 Acometida de puesta a tierra de los diferentes artefactos domiciliarios.

Cuando se trata de instalaciones eléctricas que darán servicio a una extensa gama de aparatos eléctricos y electrónicos ya sean fijos o móviles; con carcasas metálicas y no metálicas, susceptibles al deterioro desde el punto de vista eléctrico, es fundamental la protección contra las fallas debido al deterioro del aislamiento que originan la aparición de tensiones por contactos indirectos.

### 3.2.3. EL TOQUE ELÉCTRICO

Es el contacto accidental con un conductor u objeto electrizado que ocasiona inicialmente estremecimiento y contracciones súbitas en una persona o en un animal; la severidad y consecuencias de estas y otras manifestaciones, dependerán de la intensidad de la corriente eléctrica y del tiempo que ésta circule por el cuerpo.

#### 3.2.3.1 EL CONTACTO DIRECTO

Ocurre cuando una parte desprotegida del cuerpo humano (Fig. 1.7) hace contacto limpio con una pieza desprovista de aislamiento o con una parte de un conductor activo (energizado), en tanto que otra parte del cuerpo está en contacto con otro punto de menor potencial (suelo); generalmente se trata de componentes defectuosos o averiados por el uso, tales como tomacorrientes o enchufes, o bien conductores pelados de artefactos eléctricos domésticos.

Los toques directos son sumamente peligrosos para la vida. Los accidentes se pueden evitar, en principio, cuidando que los elementos eléctricos que normalmente utilizamos como son; interruptores, timbres, tomacorrientes, enchufes, conductores aislados etc. no presenten averías ni daños.



Fig. 1.7 Contacto directo.

### 3.2.3.2 EL CONTACTO INDIRECTO

Constituye el contacto de una parte del cuerpo humano (Fig. 1.8) con la masa (caja metálica o cubierta) de una máquina, artefacto o instalación eléctrica que se ha electrizado debido a la falla interna del aislamiento, mientras que otra parte está en contacto con un punto de menor potencial. Puede ocurrir con la máxima conducción de corriente "Falla Franca" o a través de una resistencia espontánea que limita dicha corriente "Falla Amortiguada"

Los toques indirectos a veces son menos peligrosos porque el contacto ocurre a través de un medio que limita la corriente; sin embargo, son difíciles de evitar al igual que las fallas eléctricas.

En todos los casos, al cumplir con la forma de uso, recomendada por el fabricante para cada aparato, se estará minimizando el riesgo.

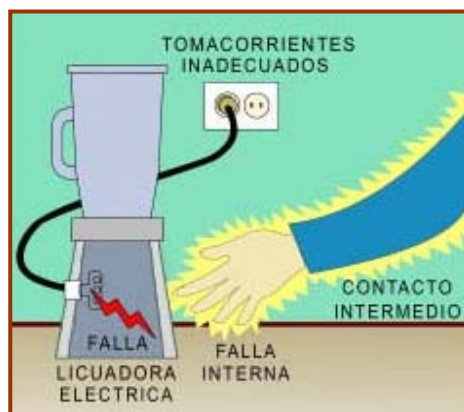


Fig. 1.8 Contacto indirecto.

### 3.2.4. FALLA DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS

Los aparatos eléctricos en funcionamiento pueden fallar por deterioro natural o como consecuencia del uso recargado o erróneo o por la incidencia de una sobretensión en el circuito eléctrico; de ese modo involucran accidentalmente a las personas que los están utilizando con una corriente que atraviesa el cuerpo.

#### 3.2.4.1 RECORRIDO DE LAS CORRIENTES DE FALLA - $I_F$

La corriente de falla en vez de regresar a la fuente por el conductor mellizo lo hará necesariamente por el suelo (tierra), para lo cual pasa por la falla hacia la masa y continúa por las partes más conductoras que están en contacto con ella, hasta que llega tierra. (Fig. 1.9)

Cuando no hay conexión entre la masa y tierra una de esas partes más conductoras puede ser la persona que está utilizando el aparato, tocándolo o agarrándolo, en cuyo caso, su salud o vida estarían en peligro.

Para minimizar la corriente peligrosa que podría pasar a través de la persona, la norma recomienda conectar la masa del artefacto con la tierra, con lo cual se reduce drásticamente la resistencia del trayecto para la circulación de la corriente de falla.

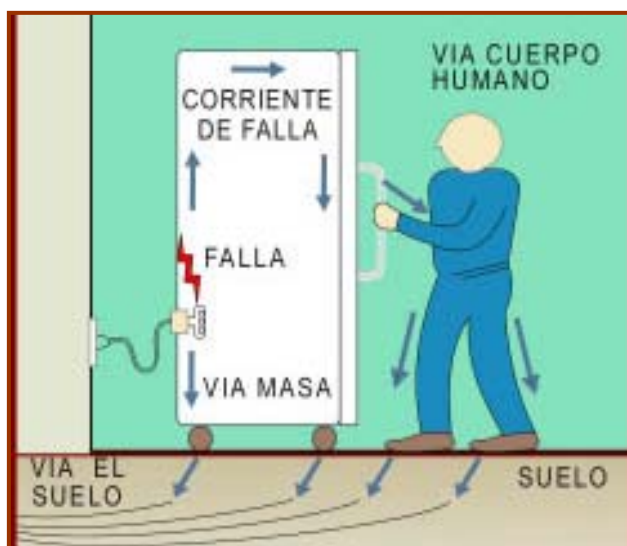


Fig. 1.9 Corriente de falla retornando a la fuente.

### 3.2.4.2 CORRIENTES ADMISIBLES POR EL CUERPO HUMANO - $I_k$

Las corrientes susceptibles de circular por el cuerpo humano comprometiendo el corazón y sin peligro para la salud, se denominan corrientes admisibles (Fig.1.10) y se han establecido (Dalziel) para intervalos de hasta 3,0 segundos según el peso medio de la persona (70 kg asignado para los hombres y 50 kg. Para las mujeres.) Son relativamente pequeñas y según su intensidad, producen diferentes sensaciones.

| $I_k$ (60 Hz)  |   |        | SENSACIÓN             |
|----------------|---|--------|-----------------------|
| Menor a 1,0 mA |   |        | Límites de Percepción |
| De 6,0         | a | 1,0 mA | Fastidio, hormigueo   |
| De 8,0         | a | 25 mA  | Malestar, Calambres   |
| De 25          | a | 50 mA  | Asfixia, Descontrol   |

Las normas adoptan como límite de corriente admisible, 50 mA, en intervalos de hasta 3,0 segundos, dado que por encima de dicha magnitud hasta los 100 mA, la corriente puede producir fibrilación ventricular y mayores corrientes de electrocución y muerte.

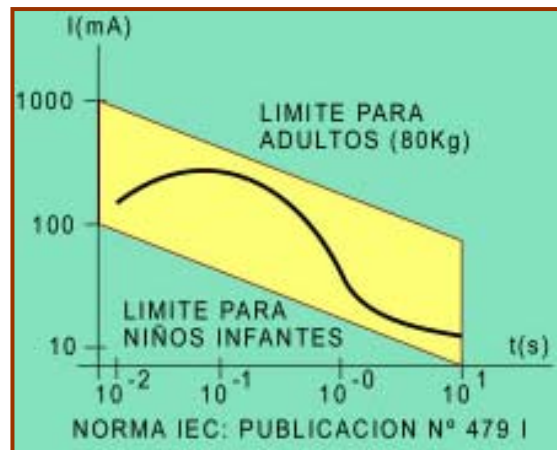


Fig. 1.10 Corrientes admisibles según el tiempo de aplicación.

### 3.2.5. PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN EL CUERPO HUMANO

Los toques eléctricos a partir de la diferencia de potencial aplicada conllevan a la circulación de corriente a través del trayecto comprometido del cuerpo humano. La evaluación del fenómeno requiere conocer las magnitudes de resistencia y potencial.

#### 3.2.5.1 RESISTENCIA ELÉCTRICA - $R_k$

Entre dos partes diferentes del cuerpo humano que incluyen el corazón, se miden diferentes resistencias eléctricas; las normas recomiendan adoptar un valor promedio de  $R_k = 1000 \text{ Ohm}$ . (Fig. 1.11)



Fig. 1.11 Recorridos de la corriente en el cuerpo humano.

### 3.2.5.2 POTENCIALES ADMISIBLES - $V_K$

La diferencia de potencial, considerada admisible por el cuerpo humano se calcula a partir de  $I_K = 0,05$  A (Corriente admisible) y  $R_K = 1000$  Ohm (Resistencia media), según la duración (t) del contacto.

En régimen permanente (Fig. 1.12), hasta por ( $t = 3,0$  s), el potencial no peligroso en seco está definido por ( $V_K = R_K \times I_K$ )

$$V_K = 1000 \times 0,050$$

$$V_K = 50 \text{ V} \quad (\text{Potencial no peligroso en seco})$$

en régimen transitorio (Fig. 1.13), el tiempo (t) de exposición es controlado por la protección eléctrica (fusibles, interruptores), y se define según la relación (Dalziel)

$$V_K = 1000 \times 0,116 / \sqrt{t}$$

$$V_K = 116 / \sqrt{t}$$

(Potencial soportable  $> 50$  V)

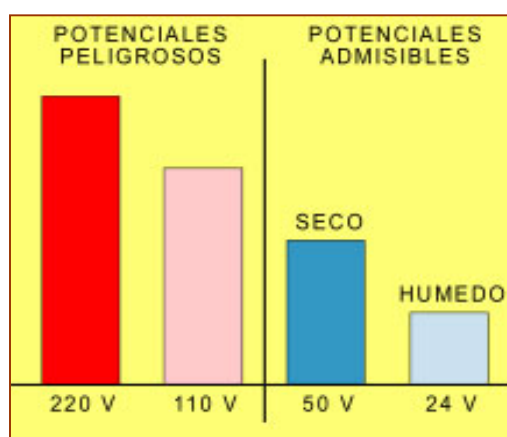


Fig. 1.12 Potenciales en régimen permanente.

Bajo contingencias de toque eléctrico conviene disponer de un circuito alterno de baja resistencia (conexión masa – tierra) y de accesorios que incrementan la resistencia eléctrica de cuerpo humano (guantes, mangas, delantales, zapatos, etc.)

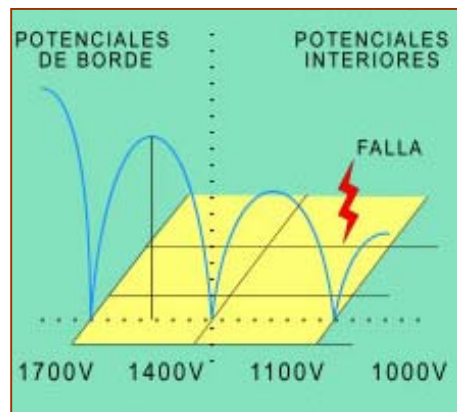


Fig. 1.13 Potenciales en régimen transitorio.

### 3.2.6. OBJETIVOS DE LA PUESTA A TIERRA

Los objetivos de una conexión a tierra son:

- Conducir a tierra todas las corrientes anormales que se originan como consecuencia de carcassas de los equipos eléctricos energizados.
- Evitar que aparezcan tensiones peligrosas para la vida humana en las carcassas metálicas de los equipos eléctricos.
- Permitir que la protección del circuito eléctrico, despeje la falla inmediatamente ocurrida ésta.

Para lograr que la puesta a tierra de protección, cumpla con los objetivos previstos, es necesario establecer un medio a través del cual sea posible entrar en contacto con el terreno propiciando un camino de baja impedancia a menor costo, para la operación correcta de los equipos de protección, manteniendo los potenciales referenciales en un nivel adecuado.

Otra función que cumple la conexión a tierra es dispersar rápidamente las elevadas corrientes, evitando sobretensiones internas y externas.

“En conclusión, se puede decir que una buena conexión a tierra si cumple con las premisas antes indicadas”

### ¿POR QUÉ CONECTAR A TIERRA SISTEMAS Y CIRCUITOS?

Para limitar tensiones debido a:

- Rayos.
- Sobretensiones.
- Contactos indirectos frente a falla de aislamiento.

Y para:

- Estabilizar la tensión durante operaciones normales (maniobras).
- Facilitar la operación de los interruptores de circuito (Ej. Interruptor diferencial).

La trayectoria de la puesta a tierra debe ser:

- Intencionalmente realizada.
- Debe ser permanente.
- Debe ser continua.
- Debe tener amplia capacidad para conducir en forma segura cualquier corriente de falla.
- Debe ser una trayectoria de baja impedancia.

La impedancia debe ser mantenida a un valor bajo por tres razones:

- Limitar la tensión a tierra.
- Facilitar la operación de los dispositivos de protección.
- Conducir a tierra corrientes indeseables que causan ruidos lo mismo que corrientes estáticas y de fuga.

### **3.3. TIPOS DE PUESTA A TIERRA**

#### **3.3.1. CONEXIONES TÍPICAS DE ATERRAMIENTO DEL NEUTRO DE UN SISTEMA**

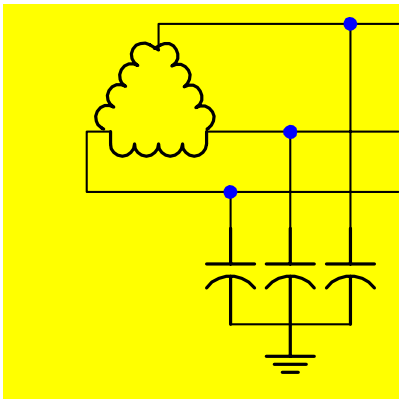
El neutro de un transformador o máquinas rotativas puede adoptar diferentes formas de tratamiento.

##### **3.3.1.1 SISTEMA ELÉCTRICO CON NEUTRO AISLADO**

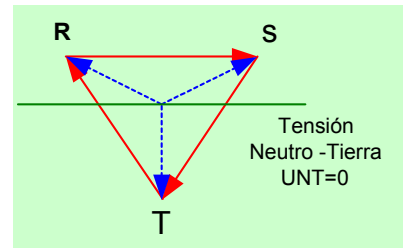
El neutro real o virtual flota con tensión propia sobre tierra.

- Las tensiones están referidas a tierra a través de las capacitancias parásitas.
- El retorno de corriente de fallas monofásicas a tierra es de pequeña intensidad.
- El sistema no presenta seguridad, pero es confiable.

### Delta no puesta a Tierra

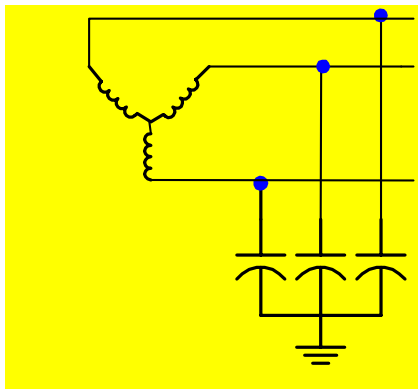


a) Conexión D

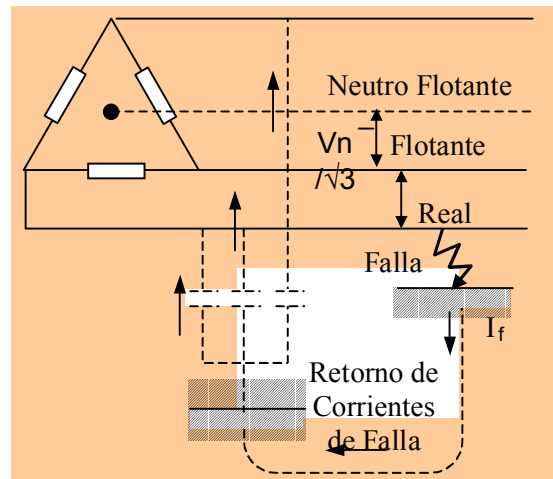


b) Diagrama Fasorial

### Estrella No Puesta a Tierra



c) Conexión Y



d) Retorno de Corriente de Falla

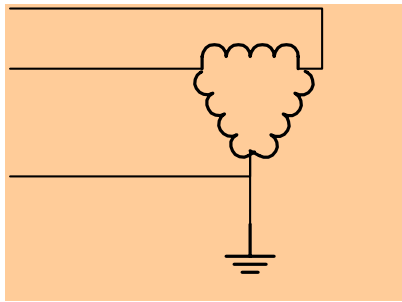
Fig. 1.14 Sistemas con neutro aislado.

### 3.3.1.2 SISTEMA ELÉCTRICO CON NEUTRO A TIERRA

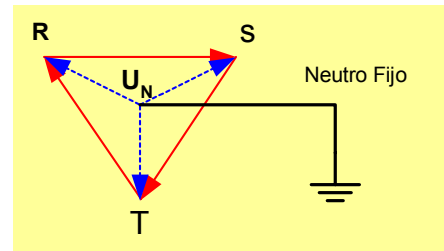
El neutro real o punto de referencia y la tierra son solidarios.

- Las tensiones están referidas a tierra directamente a través del neutro puesto a tierra.
- El retorno de corrientes de falla es de gran intensidad.
- Sistema presenta seguridad, pero no confiabilidad.

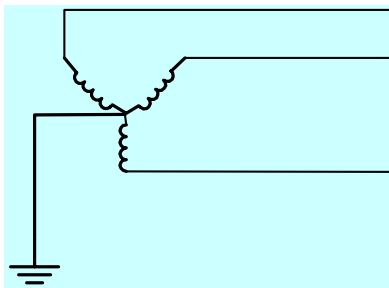
## Delta Puesto a Tierra



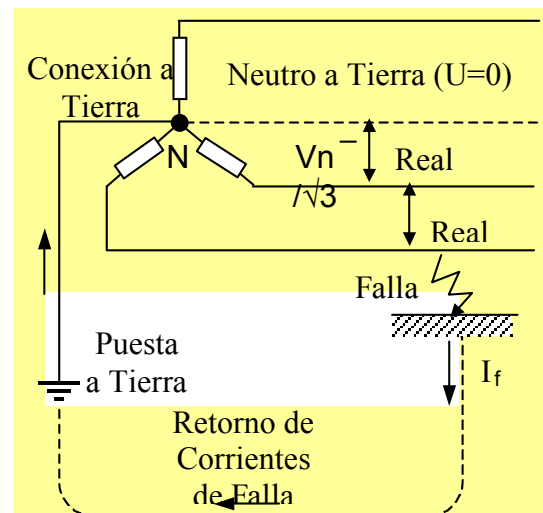
a) Conexión D



c) Diagrama fasorial



b) Conexión Y



d) Retorno de la Corriente de Falla

Fig. 1.15 Sistemas con neutro a tierra.

### 3.3.1.3 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN 220 V

Cualquiera que sea el régimen del neutro de los sistemas eléctricos, estos siempre estarán referidos indirectamente a tierra; según ello se puede estimar la porción ( $I_k$ ) de las corrientes de falla máximas ( $I_f$ ) que pueden pasar a través de una persona: Aquellas cuyo valor sea ( $I_k > 50 \text{ mA}$ ) serán peligrosas.

- **Sistemas 220 V con neutro aislado.**

Las tensiones de los alimentadores ( $V_n$ ) están indirectamente referidas al potencial de tierra ( $V = 0$ ) a través de las capacitancias parásitas (retorno de pequeñas corrientes) (Fig. 1.16).

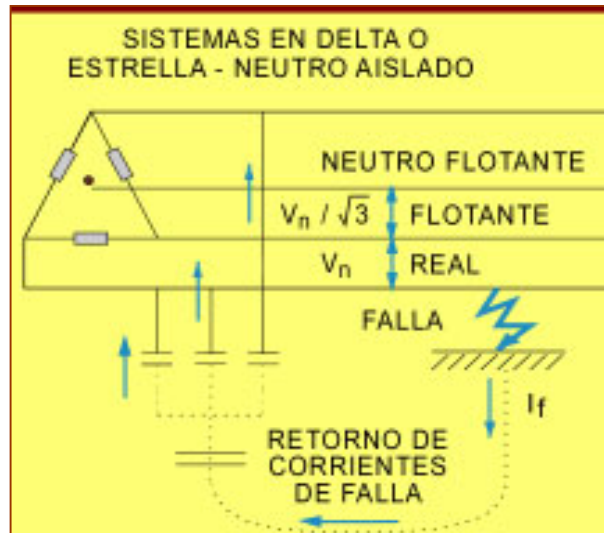


Fig. 1.16 Sistemas sin neutro puesto a tierra.

- **Sin puesta a tierra del usuario**

La tensión entre los extremos de una falla a través de una persona sin resistencia de contacto con el suelo produce corrientes ( $I_k$ ) peligrosas. (Fig. 1.17).

$$V_f = V_n / \sqrt{3}$$

$$I_k = \frac{220 / \sqrt{3}}{1000} = 127 \text{ mA (Falla simple)}$$

Existiendo una falla previa en uno de los conductores sanos, la tensión será ( $V_n$ )

$$I_k = \frac{220}{100} = 220 \text{ mA (Falla doble)}$$

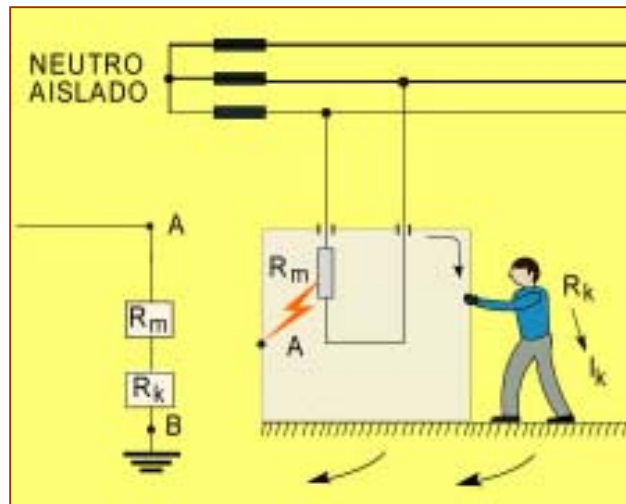


Fig. 1.17 Falla en el circuito del usuario si puesta a tierra.

- **Con puesta a tierra del usuario**

Bajo idéntica situación desventajosa ( puntos de contacto  $R = 0$  Ohm) para la falla de una fase a tierra (Fig. 1.18), se obtendrán corrientes ( $I_k$ ) no peligrosas:

$$R = R_1 + \frac{R_K R_m}{R_K + R_m} = 25 + \frac{1000 \times 2}{1002}$$

$$R = 25 + 1996 = 26,99 \Omega$$

$$I_f = \frac{V_n / \sqrt{3}}{R} = \frac{127}{26,99} = 4,70 \text{ A}$$

$$V_{AB} = I_f \times R_e = 4,7 \times 1996 = 9,36 \text{ V}$$

$$I_K = \frac{V_{AB}}{R_K} = \frac{9,36}{1000} = 0,0093 \text{ A} = 9,3 \text{ mA}$$

Con falla doble  $I_K = 0,016 = 16,2 \text{ mA}$ .

Para derivar las corrientes de falla será necesario un trayecto de baja resistencia entre masas de aparatos y el suelo (Tierra).

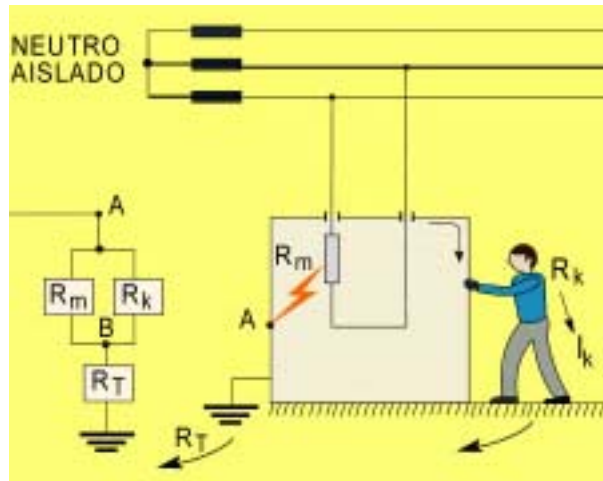


Fig. 1.18 Falla en circuito del usuario con puesta a tierra.

- **Sistemas 220 V con neutro puesto a tierra.**

Las tensiones de los alimentadores están directamente referidas al potencial de tierra ( $V = 0$ ) a través del Aterramiento del Neutro (que posibilita retorno de grandes corrientes) (Fig. 1.19).

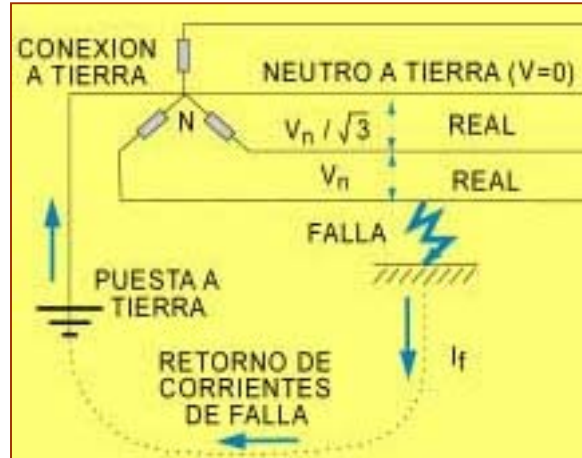


Fig. 1.19 Sistemas con neutro puesto a tierra.

- **Sin puesta a tierra del usuario**

La tensión entre los extremos de una falla a través de una persona sin resistencia de contacto con el suelo  $V_r = V / \sqrt{3}$  produce corrientes ( $I_k$ ) peligrosas (Fig. 1.20); la protección impide la falla doble.

$$R_a = R_c + R_{ts} = 0,17 + 6 = 6,17$$

$$R = \frac{R_k \times R_a}{R_k + R_a} = \frac{1000 \times 6,17}{1006,17} = 6,132 \, \Omega$$

$$I_f = \frac{V_n / \sqrt{3}}{R} = \frac{127}{6,132} = 20,71 \, A$$

$$V_{AB} = I_f \times R = 20,71 \times 6,13 = 127 \, V$$

$$I_K = \frac{V_{AB}}{R_k} = \frac{127}{1000} = 0,127 \, A = 127 \, mA$$

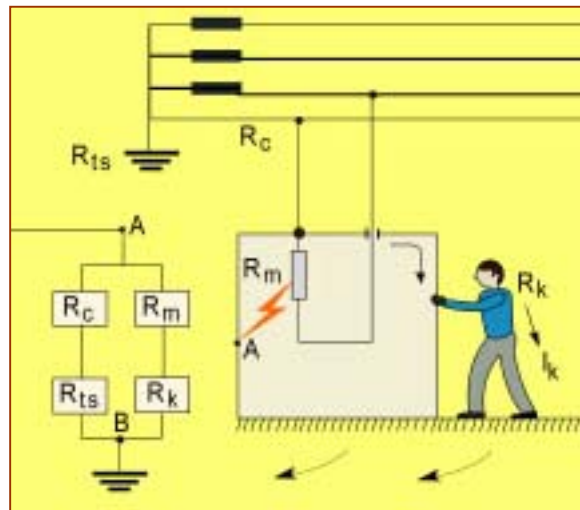


Fig. 1.20 Falla en circuito del usuario sin puesta a tierra.

- **Con puesta a tierra del usuario**

Bajo idéntica situación desventajosa (puntos de contacto  $R=0$  Ohm) para la falla Fase – Tierra (Fig. 1.21) se tendrán corrientes ( $I_K$ ) no peligrosas:

$$R_b = \frac{R_K R_C}{R_K + R_C} = \frac{1000 \cdot 0,17}{1000,17} = 0,169$$

$$R_a = R_b + R_{ts} = 0,169 + 6 = 6,169$$

$$R_s = R_m + R_l = 2,0 + 25 = 27$$

$$R = \frac{R \times R_s}{R + R_s} = \frac{6,169 \times 27}{6,169 + 27} = 5,02$$

$$I_f = \frac{V_n / \sqrt{3}}{R} = \frac{127}{5,02} = 25,30 \text{ A}$$

$$V_{AB} = I_f \times R_b = 25,30 \times 0,169 = 4,27 \text{ V}$$

$$I_K = \frac{V_{AB}}{R_K} = \frac{4,27}{1000} = 0,00427 \text{ A} = 4,27 \text{ mA}$$

Será necesario proveer para las corrientes de falla, un trayecto de baja resistencia entre las masas de los aparatos eléctricos y el suelo (tierra).

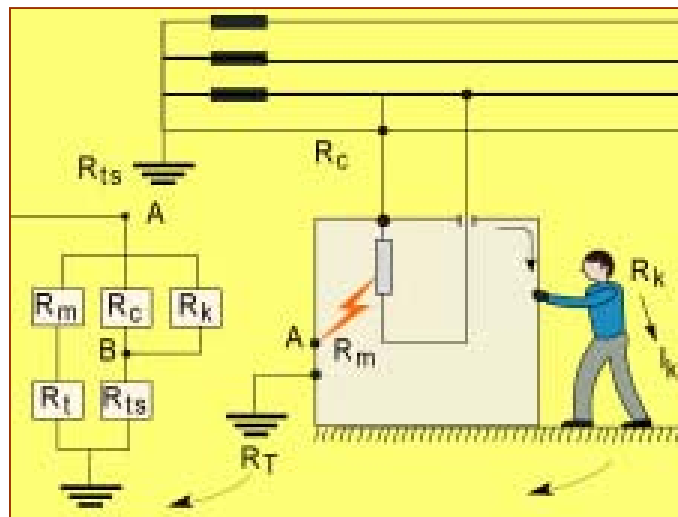


Fig. 1.21 Falla en circuito del usuario con puesta a tierra.

### 3.3.2. PUESTA A TIERRA TÍPICAS DE INSTALACIONES

A fin tener mayores conceptos claros es necesario clasificar los tipos de puesta a tierra según su aplicación:

### 3.3.2.1 PUESTA A TIERRA DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

Como se indicó, el propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es para limitar cualquier tensión elevada que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o de contactos indirectos. Esto se logra uniendo parte del sistema eléctrico a tierra física.

En la Fig. 1.22 se muestra los diferentes tipos de puesta a tierra del sistema eléctrico.

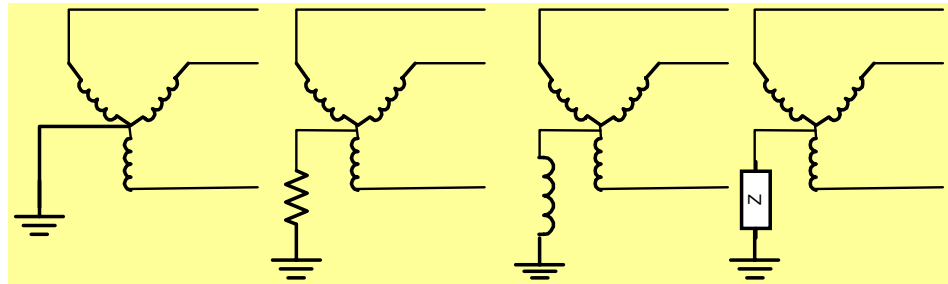


Fig. 1.22 Diferentes tipos de aterramientos del neutro de una instalación del sistema eléctrico.

### 3.3.2.2 PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS

Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades y para que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos.

Se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante un conductor apropiado a la corriente de cortocircuito del propio sistema en el punto de la conexión. En la siguiente figura se observan las conexiones a tierra del sistema de las partes metálicas de los aparatos y equipos metálicos eléctricos.

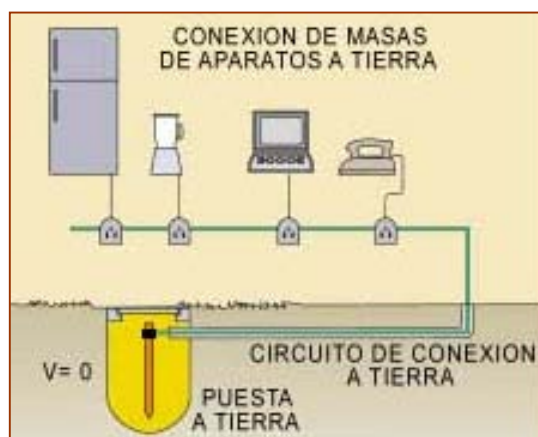


Fig. 1.23 Conexión a tierra del sistema de las carcasas (masas) de los equipos y aparatos eléctricos.

### **3.3.2.3 PUESTA A TIERRA EN SEÑALES ELECTRÓNICAS**

Para evitar la contaminación con señales de frecuencias diferentes a la deseada.

Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, pero puede ser la tierra física.

### **3.3.2.4 PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN ELECTRÓNICA**

Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por sobretensión, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser la tierra física.

### **3.3.2.5 PUESTA A TIERRA DE LA PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA**

Sirve para canalizar la energía de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades.

Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada a tierra que cubre los edificios o equipos a proteger.

### **3.3.2.6 PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN ELECTROESTÁTICA**

Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos.

Se logra teniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando la tierra como referencia de potencial cero.

|                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>“La regla general es: Cada sistema de tierras debe cerrar eléctricamente el circuito eléctrico que le corresponde”</b></p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### **3.3.3. NORMAS DE REFERENCIA**

A fin de tener presente durante el desarrollo del curso a continuación se indican las normas referenciales existentes sobre la materia.

- **Puesta a tierra de sistema y equipos eléctricos**

- IEEE Std 142 – 1991 Grounding of Industrial and Comercial Power Systems. Green Book IEEE.
- IEEE Std 141 – 1993 Electric Power Distribution for Industrial Plants. 1986
- National Electrical Code. ANSI/NFPA 70 – 1996  
National Fire Protection Association, Battery March Park, Quincy MA 12269

- **Normas de referencia nacionales**

- NTP 370 . 052: 1999 Seguridad eléctrica  
Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra
- NTP370 . 053: 1999 Seguridad eléctrica  
Elección de los materiales eléctricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra.  
Conductores de protección de cobre
- NPT370 . 054: 1999 Seguridad eléctrica, enchufes y tomacorrientes con protección a tierra para uso doméstico y general.
- NTP370 . 055: 1999 Seguridad eléctrica, sistema de puesta a tierra, glosario de términos.
- NTP370 . 056: 1999 Seguridad eléctrica, electrodos de cobre para puesta a tierra.
- "Sistema de conexión a tierra", manual para electricistas, Ing. Justo Yanque Montufar, Procobre-Perú

#### 4. RESUMEN

- Las regulaciones oficiales, el código nacional de electricidad (tomo I), las normas técnicas peruanas de seguridad eléctrica y el decreto supremo N° 25-94, pueden considerarse como instrumentos normativos del sector eléctrico peruano en lo respecta a sistemas de puestas a tierra.
- En la prestación del servicio eléctrico, las acometidas domiciliarias pueden ser aéreas o subterráneas las mismas que alimentan de energía eléctrica a las instalaciones interiores de los domicilios, la configuración de estas instalaciones están normalizadas.
- Es necesario que todo sistema eléctrico posea un sistema de puesta a tierra, así como, todos los aparatos, equipos tanto eléctricos como electrónicos.
- El contacto directo e indirecto en un sistema eléctrico es perjudicial para el cuerpo humano y ello depende de la intensidad de corriente y del tiempo que ésta circule por el cuerpo.
- Los equipos eléctricos están propensos a fallar por diversos factores y si no se conecta las masas de los artefactos a tierra, esta corriente de falla pasará a través del cuerpo de la persona que está manipulando el aparato.
- Las corrientes admisibles por el cuerpo humano depende del sexo, peso y tiempo de exposición, y como valor típico admisible sería 50 mA en un tiempo de 3 segundos.
- La resistencia eléctrica en el cuerpo humano es variable y depende del recorrido entre las diferentes partes, y el potencial admisible se puede calcular a partir de la corriente admisible y la resistencia típica de 1000 ohmios cuyos valores dependerá de las condiciones de contacto seco o humedo.
- Una buena conexión de puesta a tierra, debe conducir a tierra todas las corrientes peligrosas, evitar que aparezcan tensiones peligrosas y permitir la protección del circuito eléctrico, despejando la falla en el menor tiempo posible.
- Existen diferentes tipos de puesta a tierra:
  - El neutro del sistema eléctrico (transformador o generador) puede estar o no puesto a tierra y de ello dependerá el recorrido de la corriente de falla y la efectividad de la puesta a tierra.
  - Puesta a tierra de la carcasa de los equipos eléctricos.
  - Puesta a tierra en señales electrónicas.
  - Puesta a tierra de protección electrónica.
  - Puesta a tierra de la protección atmosférica.
  - Puesta a tierra de la protección electrostática.
- La regla general es que cada sistema de tierra debe cerrar eléctricamente el circuito eléctrico que le corresponde.
- Las normas de referencia sobre puesta a tierra se pueden clasificar en nacionales e internacionales.

## **5. PREGUNTAS DE AUTO COMPROBACIÓN**

1. ¿Cuál es la diferencia entre el código nacional de electricidad y el decreto supremo N° 25-94 en lo que respecta a la normativa técnica sobre puesta a tierra?
2. ¿Qué es tensión de toque?
3. ¿Qué tipo de toque eléctrico es el mas peligroso?
4. ¿Qué factores influyen en la corriente admisible por el cuerpo humano?
5. ¿Porqué la resistencia de una puesta a tierra debe ser mantenida en un valor bajo?
6. ¿Cuál es la diferencia entre un sistema con neutro aislado y un sistema con neutro puesta a tierra?
7. ¿Todas las puestas a tierra en un sistema eléctrico deben unirse?

## **6. RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DE AUTOCOMPROBACIÓN**

1. Mientras que el código nacional es de recomendación y procedimiento para cautelar la seguridad de las personas contra el peligro de la electricidad, el decreto supremo N° 25-94 es de cumplimiento por parte de los municipios para lo cual debe de dar conformidad en todas las edificaciones de su jurisdicción.
2. Es la diferencia de potencial máxima entre dos puntos sobre el terreno separados entre si a una distancia de un paso, la cual se supone un metro en dirección de máxima gradiente de potencial.
3. El toque eléctrico directo.
4. Peso de las personas y tiempo de ejecución.
5. Las razones son tres:
  - Limitar la tensión a tierra.
  - Facilitar la operación de los dispositivos de protección.
  - Conducir a tierra corrientes indeseables que causan ruidos, lo mismo que corrientes estáticas y de fuga.
6. La diferencia es que, ante una falla un sistema es mas seguro que el otro y frente a fallas temporales una es mas confiable que la otra.
7. No, la regla general es que cada sistema de tierra debe cerrar eléctricamente el circuito eléctrico que le corresponde.