

CONCEPTOS GENERALES

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

- Es aquel conductor de un circuito que se conecta a tierra intencionalmente.
- Este conductor garantiza la conexión física entre las partes metálicas expuestas a alguna falla y la tierra.
- Por medio de este conductor circula la corriente no deseada hacia la tierra.

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

- Es un cuerpo metálico conductor desnudo que va enterrado y su función es establecer el contacto con la tierra física.

PUENTE DE UNION

- Este puente es un conductor que nos sirve para proporcionar la conductividad eléctrica entre partes de metal que requieren ser conectadas eléctricamente.

RED DE TIERRA

- Es la porción metálica subterránea de un sistema aterrizado que dispara hacia la tierra todo flujo de corriente no deseado. Esta red se puede componer de varias mallas interconectadas.

RESISTENCIA DE TIERRA

- Es la resistencia que nos ofrece el terreno hacia la corriente en un sistema de puesta a tierra, esta resistencia depende de la resistividad del terreno y área de los conductores

RESISTIVIDAD DEL TERRENO

- Es la propiedad del terreno que se opone al paso de la corriente eléctrica, la resistividad varia de acuerdo a las características del terreno.

SISTEMA DE TIERRA

- Son varios conductores desnudos que se interconectan con una o varias mallas o electrodos enterrados.

SISTEMAS DE TIERRA

Diferencia entre neutro y tierra

- La diferencia de estos dos elementos es que el neutro lo usamos como regreso de nuestra línea de alimentación o en otras palabras es por donde pasa la corriente de regreso a los postes de suministro eléctrico.
- Por otro lado la conexión a tierra, es la conexión que usamos para que circule la corriente no deseada o descargas eléctricas hacia tierra para evitar que dañen a equipos eléctricos, electrónicos e incluso a personas, explicado de otra forma es la conexión que usamos para la protección personal y de equipos contra sobre tensiones o descargas eléctricas de cualquier tipo.

Concepto

- Un sistema de puesta a tierra consiste en la conexión de equipos eléctricos y electrónicos a tierra, para evitar que se dañen los equipos en caso de una corriente transitoria peligrosa, o también que por falta de aislamiento en uno de los conductores y al quedar en contacto con las placas de los contactos y ser tocados por alguna persona pudiera ocasionarle lesiones o incluso la muerte.
- Por estas razones, se recomienda que se realicen las instalaciones de puesta a tierra por que la corriente siempre busca el camino mas fácil por donde poder pasar, y al llegar a tierra se disipa por esta esto si se tiene una resistividad muy baja en el terreno donde se realizo la instalación.

Objetivo

- El de brindar seguridad a las personas
- Proteger las instalaciones, equipos y bienes en general, al facilitar y garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.
- Establecer la permanencia, de un potencial de referencia, al estabilizar la tensión eléctrica a tierra, bajo condiciones normales de operación.
- Mejorar calidad del servicio
- Disipar la corriente asociada a descargas atmosféricas y limitar las sobre tensiones generadas.
- Dispersar las cargas estáticas a tierra.

TIPOS PRINCIPALES DE PUESTA A TIERRA

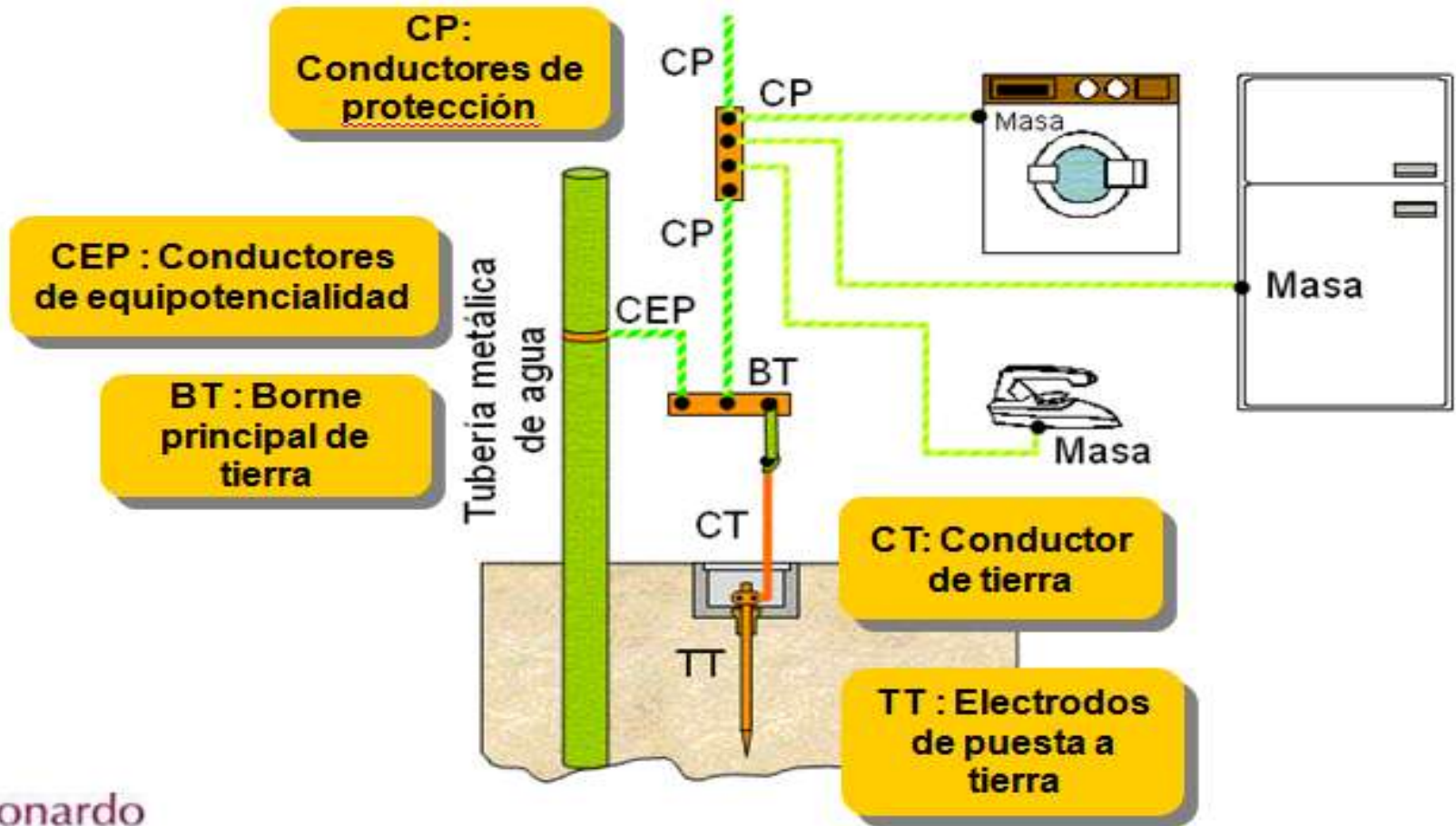
PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

- La puesta a tierra de protección tiene como objetivo proteger a las personas y animales contra accidentes derivados de contactos con partes conductoras que, estando no sometidos normalmente a tensión, puedan estar sometidas a tensiones peligrosas como consecuencia de un defecto de aislamiento de la instalación, o de, no tener un camino directo a tierra en caso de falla.
- Para lograr este objetivo de protección debe realizarse una puesta a tierra adecuada, y conectar a la misma todas las masas de la instalación.

PUESTA A TIERRA FUNCIONAL DE SERVICIO

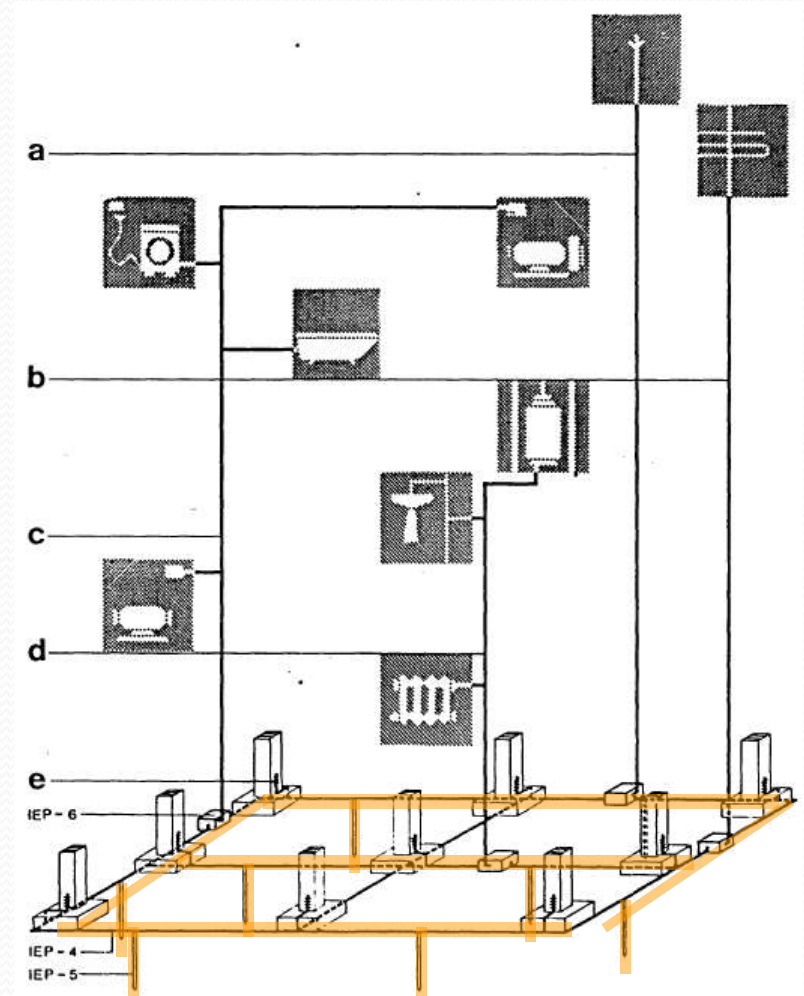
- La puesta a tierra de servicio tiene como objetivo asegurar el correcto funcionamiento del equipamiento eléctrico, y permitir un correcto y confiable funcionamiento de la instalación.
- Dependiendo de las características de la instalación, la puesta a tierra de protección y la funcional pueden ser independientes o en una misma puesta a tierra combinarse ambas funciones. Pero, siempre y cuando en el diseño de la puesta a tierra se de prioridad a las prescripciones establecidas para la puesta a tierra de protección.

Componentes de una instalación



Electrodos de puesta a tierra

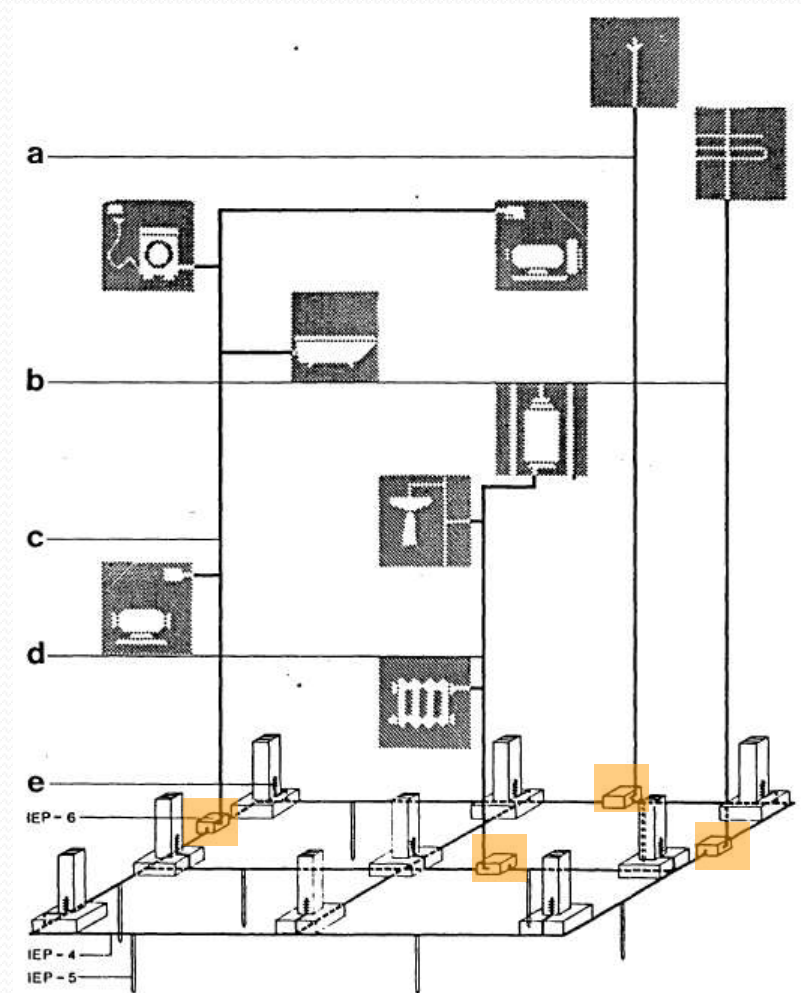
- Elemento metálico que en contacto directo con el terreno disipa las corrientes de defecto o de fuga procedentes de la instalación, así como las procedentes de las descargas atmosféricas



Bornes principales de tierra

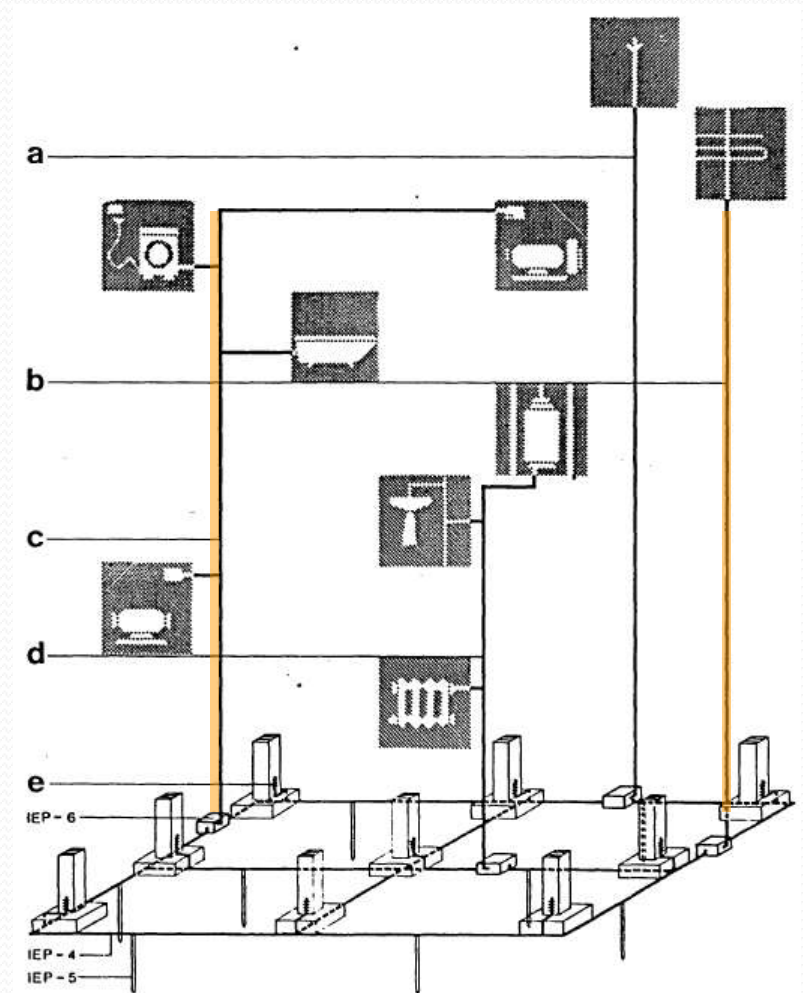
En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- los conductores de tierra.
- los conductores de protección
- los conductores de unión equipotencial principal
- los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios



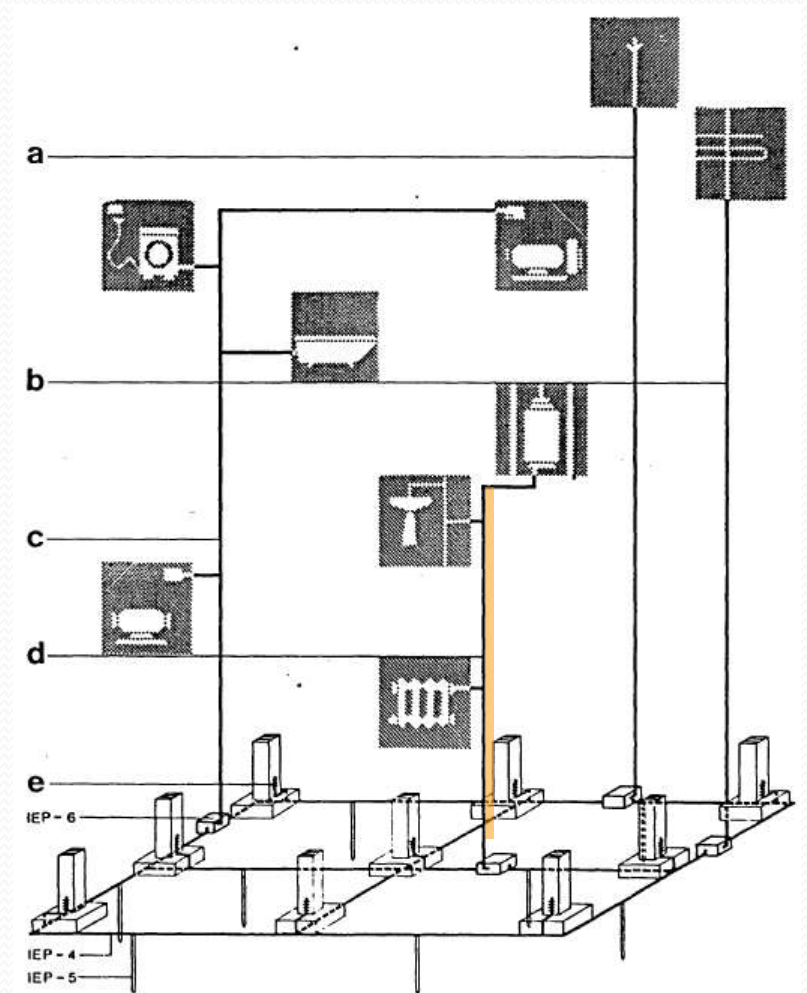
Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar su protección contra los contactos indirectos



Conductores de equipotencialidad

Conductor de protección que asegura una conexión equipotencial, esto es, que pone al mismo potencial, o a potenciales prácticamente iguales, a partes conductoras simultáneamente accesibles. Como al resto de los conductores de protección, se identifican por la coloración amarillo-verde de su cubierta.



RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Definición de resistividad del terreno

- La resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta 1 m³ de tierra, y resulta de un interés importante para determinar en donde se puede construir un sistema de puesta a tierra.

Factores que afectan la resistividad del terreno

- En la resistividad del terreno influyen varios factores que pueden variarla, entre los mas importantes se encuentran: naturaleza del terreno, humedad, temperatura, compactación entre otros.

Naturaleza del Terreno:

- Esta se refiere a que la resistividad varia según el tipo de terreno, es decir se tiene una resistividad mas elevada en un terreno rocoso que en uno donde haya arena.

- ***Humedad:*** Aquí varia la resistividad según la humedad del terreno, mientras mas húmedo sea éste mas baja será la resistividad del terreno y mientras mas seco este el terreno mayor será la resistividad de éste, es por esta razón que debe procurarse un terreno un poco más húmedo para obtener mejores valores.
- ***Compactación:*** Aquí la resistividad disminuye mientras mas compactado este un terreno ya que cuando no esta bien compacto hay pequeños espacios de aire los cuales impiden que la corriente eléctrica se pueda esparcir por el terreno.

Tabla 10.3. Valores orientativos de resistividad del terreno

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohmios · metro
Pantanosos	Menor de 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.000
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 10.4. Valores medios aproximados de la resistividad del terreno

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad (ρ) en ohmios · metro
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terrenos cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 10.5. Fórmula para estudiar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo

Electrodo	Resistencia de tierra R en Ohmios
Placa enterrada	$R = 0,8 \frac{\rho}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \frac{\rho}{L}$
ρ , resistividad del terreno (Ohmios · metro) P , perímetro de la placa (m) L , longitud de la pica o del conductor (m)	

Electrodos De Puesta a Tierra

elementos

hacen

contacto
directo

en el

suelo

Tipos

Barras

Placas

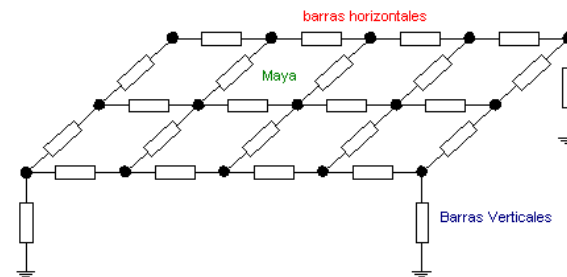
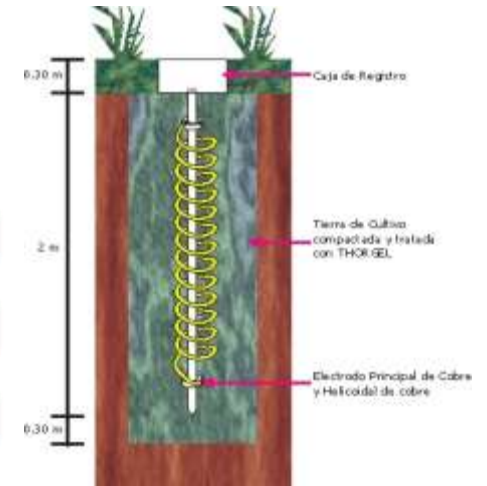
Anillos

Mallas

Verticales

Horizontales

Químicas



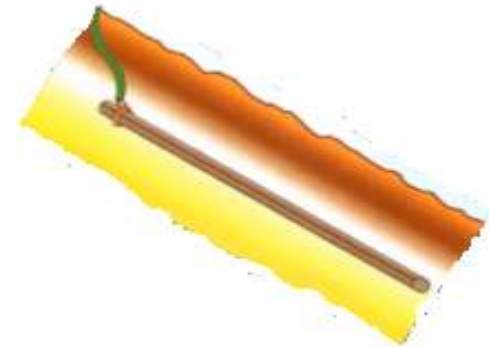
Barras Verticales



Consisten principalmente en un electrodo de cobre relleno con una mezcla de compuestos iónicos.

El condensador de humedad absorbe la humedad ambiental y se disemina en el terreno que rodea al electrodo, aportando iones libres y reduciendo gradualmente la resistividad del terreno.

Barras Horizontales

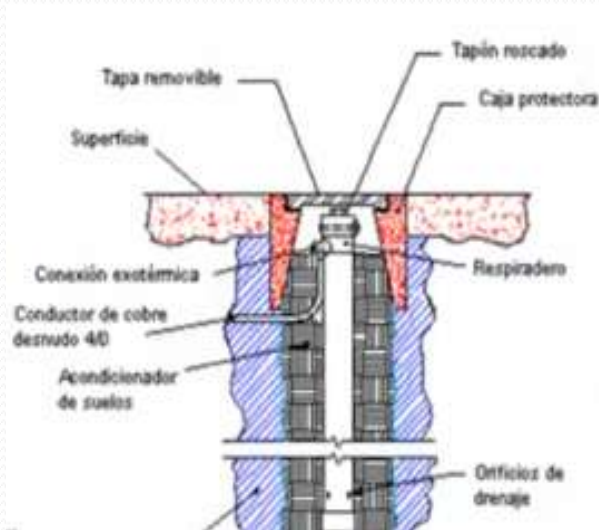


Están hechos de cintas de cobre de alta conductividad o conductores retorcidos(cables).

La cinta es el material mas conveniente tiene mejor comportamiento a alta frecuencia.

Puede ser mas difícil de conectar lo que significa que el costo de instalación puede ser levemente mayor.

Barras Químicas



Las barras químicas proveen una perfecta conexión de baja resistencia a tierra con el acondicionador de suelos circundante.

Las sales minerales especialmente preparadas son internamente distribuidas a lo largo de la longitud del electrodo y el acondicionamiento continuo alrededor del electrodo asegura una resistencia a tierra ultra baja la cual es mas efectiva que los sistemas convencionales

Placas



Las puestas a tierra mediante placas tienen una construcción basada en la abertura de un pozo de 2 a 3m³ y relleno mediante tierra vegetal y otros aditivos para disminuir la resistividad del terreno.

La placa de hierro o acero debe tener un espesor mínimo 6,4mm

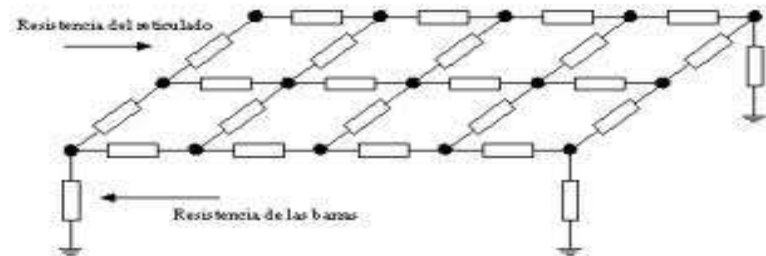
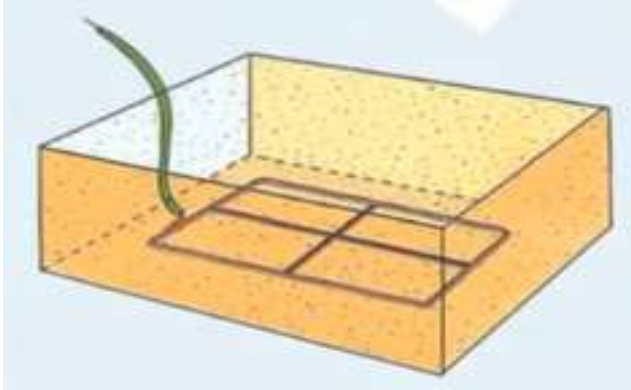
Anillos



Consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2AWG y longitud no menor a 6m enterrado a una profundidad de 800mm y que rodeo el edificio o estructura.

Frecuentemente utilizados circundando una fabrica o sitio de comunicaciones para proveer un plano equipotencial alrededor de los edificios y equipos.

Mallas



Formado por la unión de conductores horizontales, normalmente según direcciones perpendiculares y uniformemente espaciados incluyendo eventualmente conductores verticales(barras).

Se utiliza especialmente cuando se quiere tener un control de potenciales en la superficie del terreno.

Esquema de Conexión a Tierra

El **Esquema de conexión a tierra**, ECT (también conocido como **Régimen de Neutro**) especifica la forma en la que se relacionan el secundario del transformador Media Tensión-Baja Tensión y las masas metálicas con el potencial o (Tierra) en una instalación eléctrica.

Dispositivos de protección, garantizan la seguridad de las personas frente a los contactos indirectos debidas a fallos de aislamiento. Su principal diferencia radica en la continuidad del suministro eléctrico.

Nomenclatura

Primera letra: se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

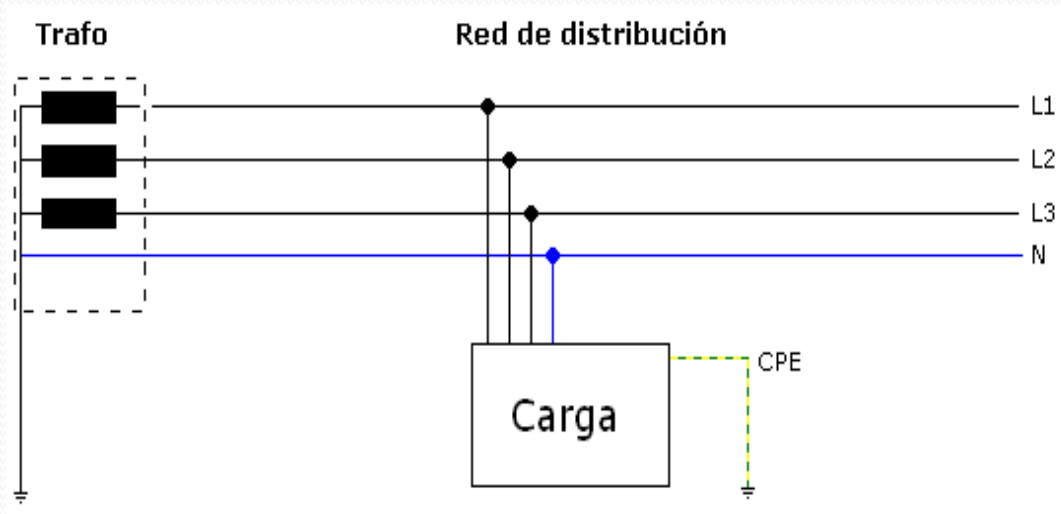
- T= Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- I= Conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

- T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
- N = Masas conectadas al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, ese punto es normalmente el punto neutro).
- **Otras letras (eventuales)** : Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.
- S = Las funciones del neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.
- C = Las funciones del neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

Esquema TT

- En este esquema el neutro del transformador y las masas metálicas de los receptores se conectan directamente, y sin elemento de protección alguno, a toma de tierra separadas.



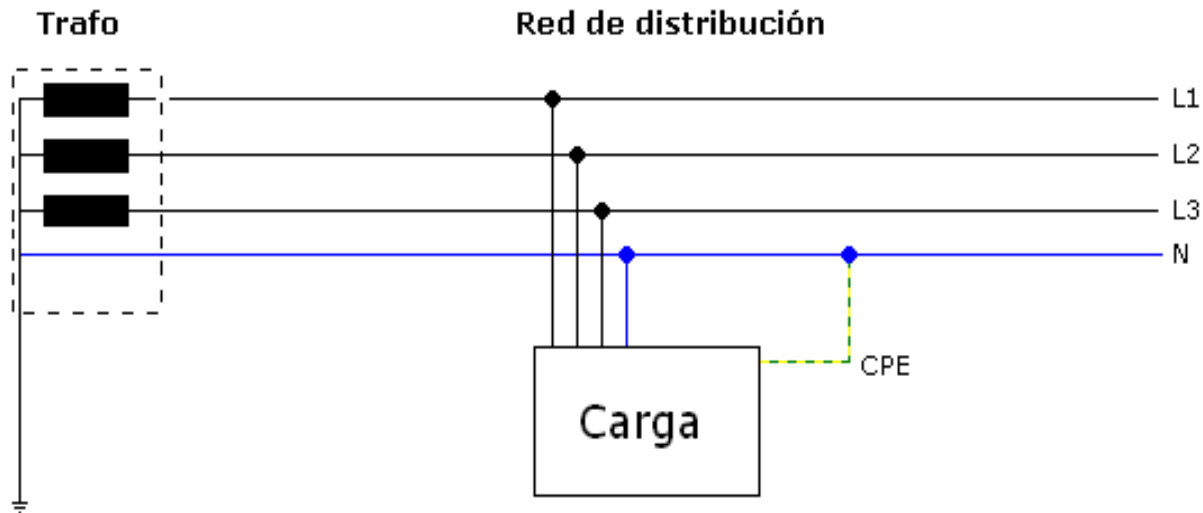
- Usos General.** Red de distribución pública.

Esquema TN

- Es el esquema menos empleado, quedando relegado casi exclusivamente para usos en generadores Diésel.
- La mayor desventaja de este sistema es la necesidad de calcular las impedancias en todos los puntos de la línea y diseñar las protecciones de forma individual para cada receptor.

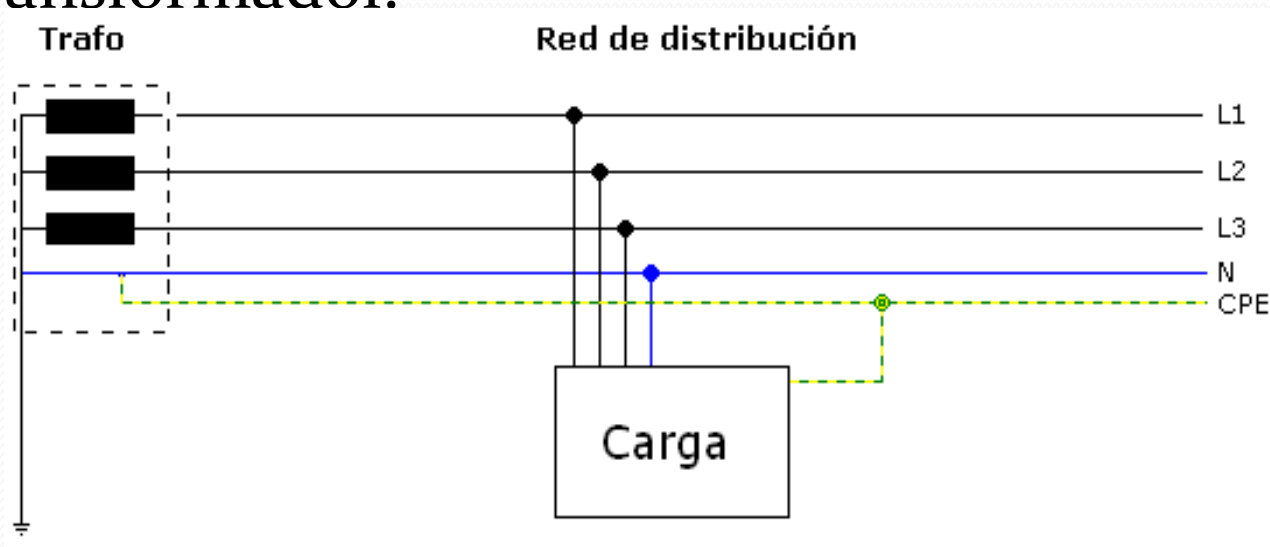
Esquema TN-C

- En el esquema TN-C los conductores de protección se conectan directamente al conductor de neutro.



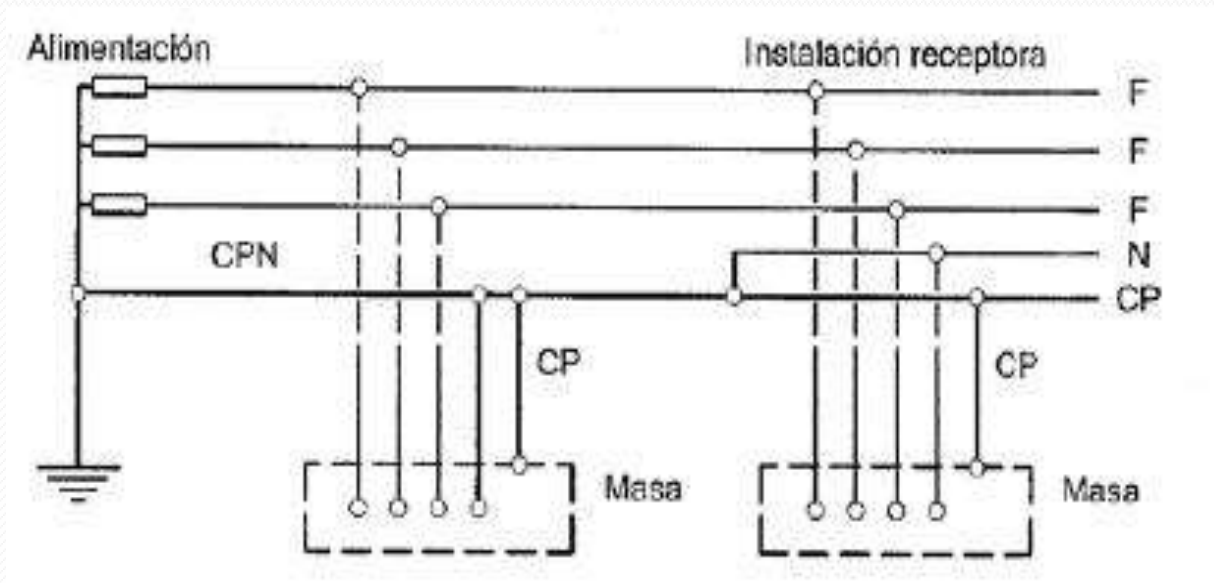
Esquema TN-S

- En el esquema TN-S. Los conductores de protección se conectan a un conductor de protección distribuido junto a la línea, y conectado al conductor de neutro en el transformador.



Esquema TN-C-S

- Es una combinación de los dos anteriores, empleada cuando la sección del conductor de neutro es insuficiente para servir de conductor de protección.

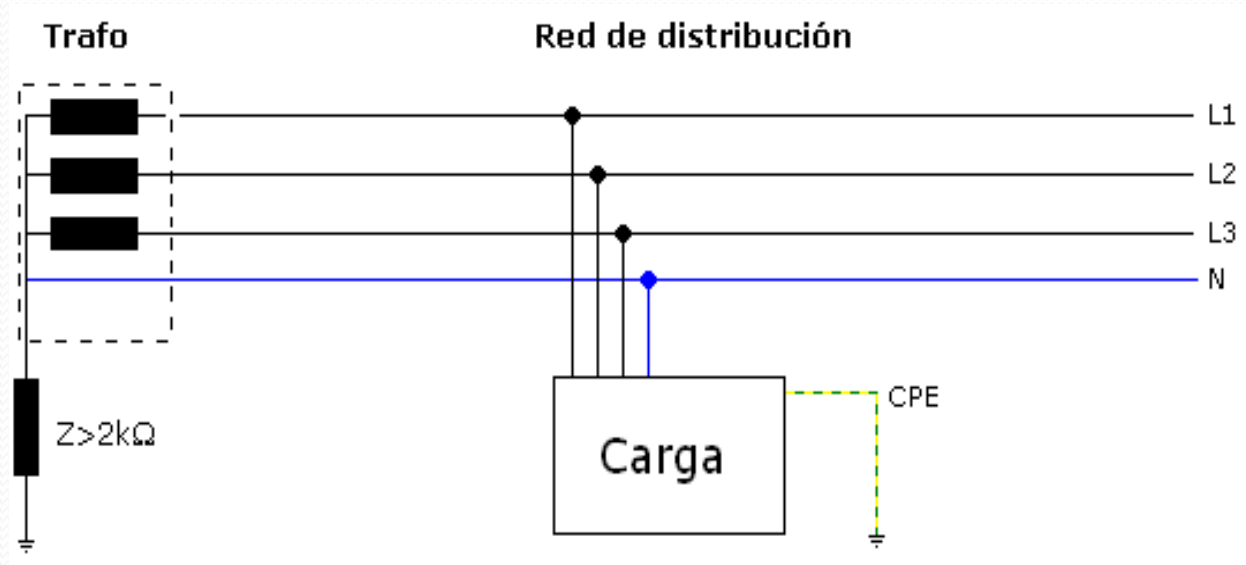


- **Usos:** Instalaciones temporales y de socorro.

Esquema IT

- Es el preferido en aplicaciones en las que la continuidad del servicio es crítica, como en quirófanos o industrias con procesos sensibles a la interrupción.
- En el Neutro del transformador está aislado de Tierra (o conectado a través de una impedancia de un elevado valor) y las masas metálicas conectadas a una toma de tierra exclusiva.

- El Esquema IT requiere una Puesta a Tierra totalmente independiente de otras instalaciones, ya que de lo contrario, la corriente podría regresar al transformador y provocar que el primer defecto sea verdaderamente peligroso. Igualmente, las masas metálicas no deben estar conectadas a otras instalaciones diferentes.



Regímenes de neutro aconsejado

Según naturaleza y características de la instalación	Esquema aconsejado	Según naturaleza y características de los receptores	Esquema aconsejado
• Red de distribución pública • Red extensa con tomas de tierra mediocres • Alimentación con transformadores de baja Icc • Grupo electrógeno (instalación temporal) • Red por líneas aéreas	TT	• Numerosos aparatos móviles o portátiles • Instalaciones con frecuentes modificaciones • Instalaciones de faena • Instalaciones antiguas • Locales con riesgo de incendio	TT
• Red perturbada (zona con rayos) • Red con corrientes de fuga importantes	TN	• Equipos electrónicos informáticos • Equipos con auxiliares (máquinas-herramienta) • Equipos de mantenimiento (puentes-grúa, grúas...) • Aparatos con débil aislamiento (aparatos de cocción, de vapor...)	TN-S
• Grupo electrógeno (alimentación de seguridad) • Grupo electrógeno (alimentación temporal) TN-S	IT	• Locales con riesgo de incendio • Instalaciones de control de mando con numerosos sensores • Instalaciones con requisitos de continuidad (médicas, bombas, ventilación...) • Aparatos sensibles a las corrientes de fuga (riesgo de destrucción de bobinados)	IT

Conductores de enlace

Los conductores de enlace entre los electrodos de puesta a tierra, los barrajes equipotenciales y los elementos o puntos conectados a tierra, constituyen la manera de transmitir a cualquier lugar o equipo de la instalación el potencial de seguridad y referencia existente en la tierra física o suelo. Los conductores de enlace son los siguientes:

- ❖ El conductor del electrodo de puesta a tierra
- ❖ El conductor de puesta a tierra del sistema
- ❖ Los conductores de puesta a tierra de equipos

Conductor del electrodo de puesta a tierra

- El conductor del electrodo de puesta a tierra es el conductor utilizado para enlazar el electrodo de puesta a tierra con el conductor de puesta a tierra del sistema a través del primer barraje equipotencial asociado a la instalación.
- La sección transversal del conductor del electrodo de puesta a tierra se determina según la Tabla 250-94. de la NTC 2050. Para el caso particular de instalaciones servidas por acometidas o alimentadores de cobre y conductores del electrodo de puesta a tierra en cobre la Tabla 250-94 de la NTC 2050 se sintetiza en la Tabla 1.1 de la página siguiente.

Tomada y adaptada de la Tabla 250-94. NTC 2050

Sección transversal mayor conductor de suministro eléctrico		Sección transversal conductor del electrodo de puesta a tierra	
mm ²	AWG	mm ²	AWG
33,62 o menor	2 o menor	8,36	8
42,20 a 53,50	1 o 1/0	13,29	6
67,44 a 85,02	2/0 o 3/0	21,14	4
107,21 a 177,34	4/0 a 350 kcmil	33,62	2
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	53,50	1/0
329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	67,44	2/0
608,04 o mayor	1200 o mayor	85,02	3/0

Tabla 1.1 Conductor del electrodo de puesta a tierra

Conductor de puesta a tierra del sistema

- Este conductor de puesta a tierra se puede considerar como una extensión del conductor del electrodo de puesta a tierra o como un conductor principal para puesta a tierra de equipos. En el primer caso dicho conductor debe tener la misma sección transversal del conductor del electrodo de puesta a tierra. En el segundo caso el conductor debe tener una sección transversal, dependiendo de la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente instalado antes de los equipos o alimentadores correspondientes, no menor a los valores especificados en la Tabla 250-95. de la NTC 2050.

Conductores de puesta a tierra de equipos

- La sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra de equipos está definida en función de la corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente instalado en el circuito inmediatamente antes de los equipos, canalizaciones, etc. Los valores correspondientes aparecen en la Tabla 250-95. de la NTC 2050.

Para el caso particular de conductores de puesta a tierra en cobre, la Tabla 1.2. sintetiza las secciones transversales mínimas requeridas

Los puentes de conexión equipotencial principal y de equipos instalados en el lado del suministro deben tener una sección transversal no menor a la especificada en la Tabla 250-94. de la NTC 2050 para las diversas secciones transversales de los conductores de suministro.

Los puentes de conexión equipotencial en el lado de la carga deben tener una sección transversal no menor a la especificada en la Tabla 250-95. de la NTC 2050 para los diversos valores de corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente instalado inmediatamente antes de los equipos.

Tomada y adaptada de la Tabla 250-95. de la NTC 2050

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo	Sección mínima en cobre	
automático de protección contra sobrecorriente	mm	AWG
Amperios	□	□
15	2,08	14
20	3,30	12
30	5,25	10
40	5,25	10
60	5,25	10
100	8,36	8
200	13,29	6
300	21,14	4
400	26,66	3
500	33,62	2
600	42,20	1
800	53,50	1/0
1000	67,44	2/0
1200	85,02	3/0
1600	107,21	4/0
2000	126,67	250 kcmil
2500	177,34	350 kcmil
3000	202,68	400 kcmil
4000	253,25	500 kcmil
5000	354,69	700 kcmil
6000	405,36	800 kcmil

Tabla 1.2. Secciones transversales mínimas requeridas

El puente de conexión equipotencial de los equipos puede ser instalado dentro o fuera de la canalización o encerramientos asociados. En caso de instalarse por fuera la longitud del puente no debe ser mayor a 1,80 m y debe seguir el mismo trazado de la canalización o encerramiento.

Descargas Atmosféricas



Origen de las Descargas

- Mecanismo de generación de las Descargas Atmosféricas
- Diferentes tipos de Descargas
- Parámetros característicos de la Descarga

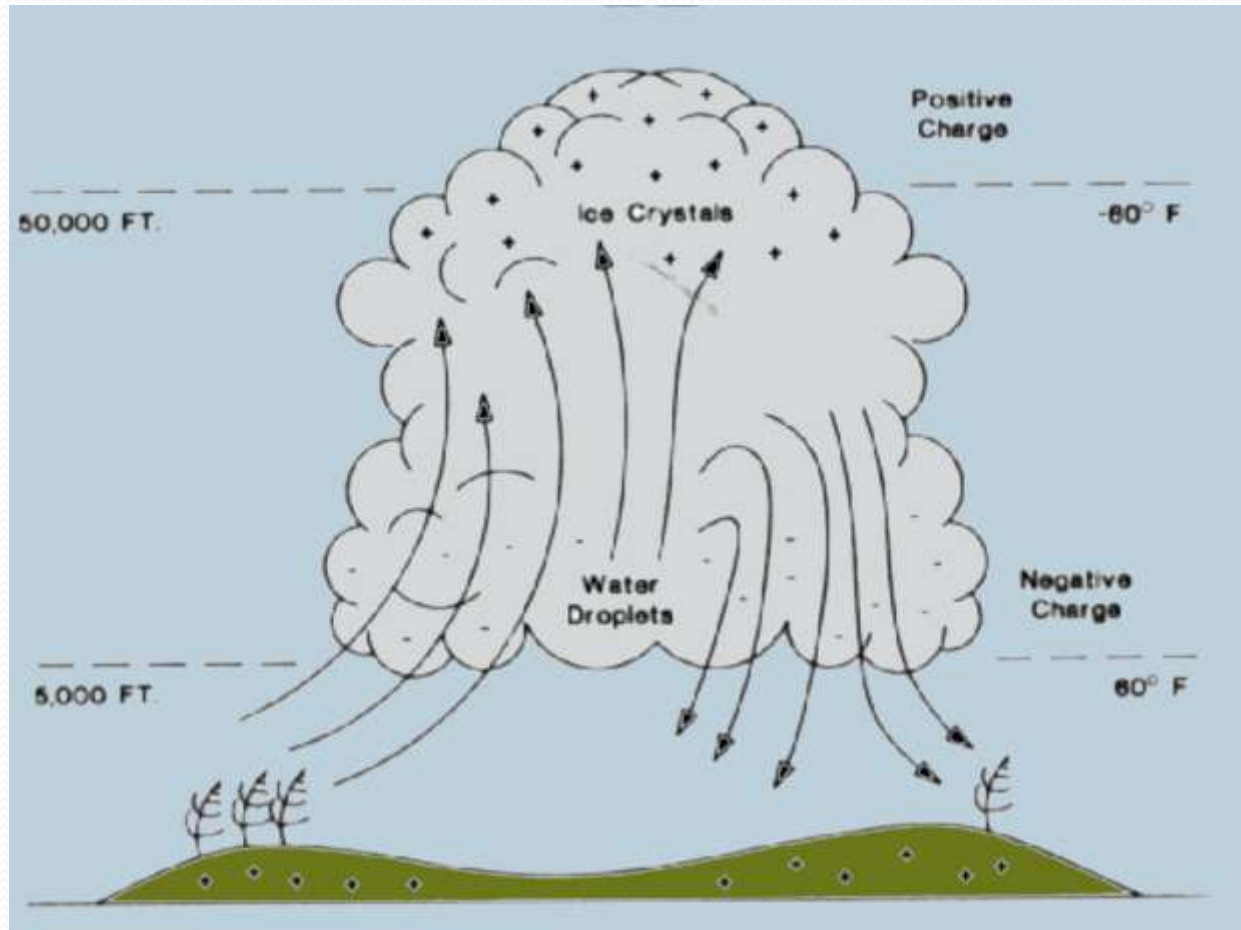
Ingredientes de una Descarga

- Aire inestable
- Humedad
- Mecanismo disparador
(ejemplo: pasaje de un frente frío)

Mecanismo de Generación

- **Aire humedo y caliente se eleva a regiones frias**
- **El vapor se condensa sobre partículas y forma la nube**
- **El aire frio es forzado a circular hacia abajo por la formacion de la nube**
- **Se establecen corrientes verticales , ascendentes y descendentes, que originan una separacion de cargas entre las regiones superior e inferior.**
- **La acumulacion de electrones en capas inferiores crea una diferencia de potencial con las capas superiores.**
- **Esos electrones también repelen a los electrones libres de la superficie terrestre creando así una diferencia de potencial entre la nube y la tierra.**
- **Este proceso continúa hasta que se alcanza la ruptura dieléctrica entre los puntos de acumulacion de cargas.**

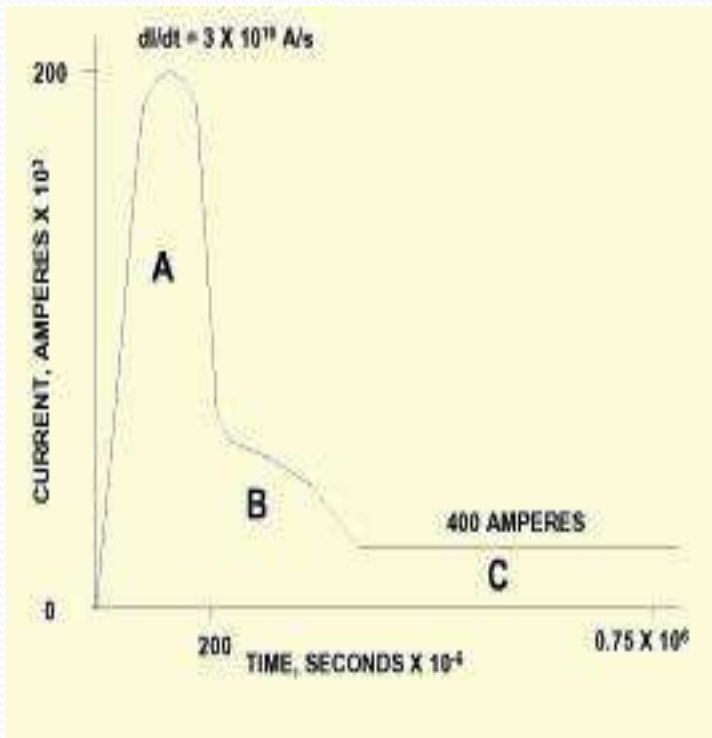
Esquema de una Tormenta



Diferentes tipos de Descarga

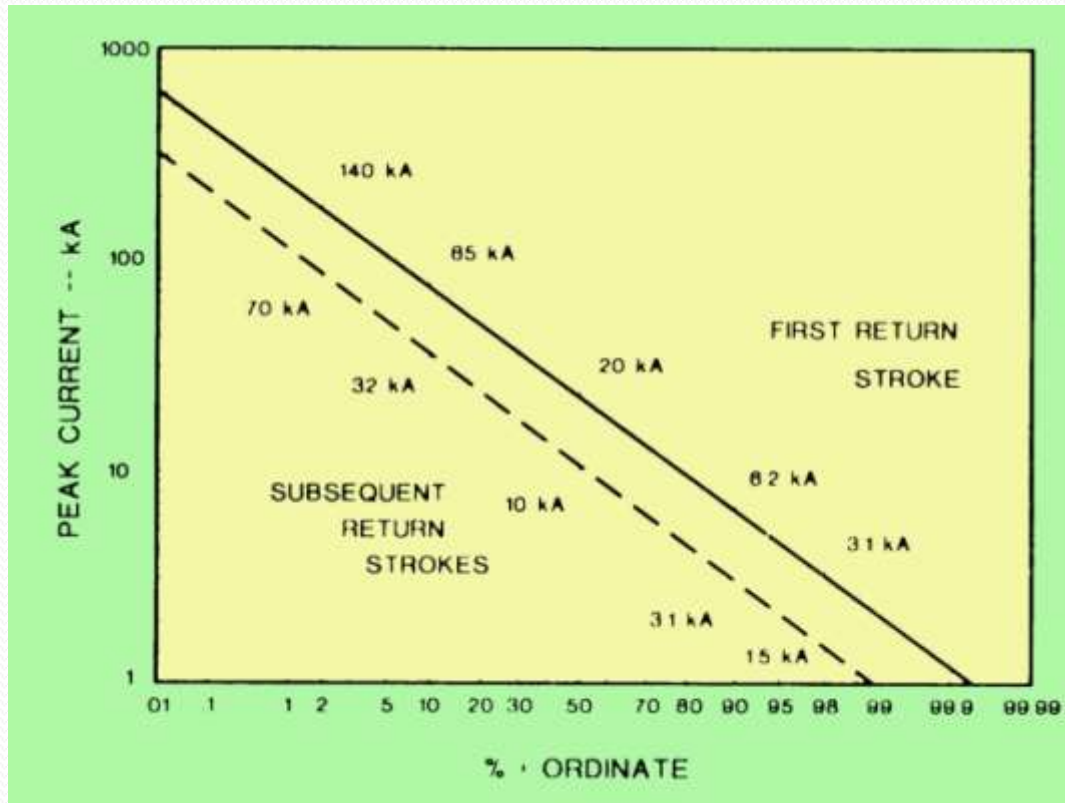
- Descarga eléctrica dentro de la misma nube.
- Descarga eléctrica entre nubes.
- Descarga eléctrica entre nube y tierra (estas son las que a nosotros nos preocupan)

Corriente de Descarga



- **Zona A - Pulso** de corriente
Pico de hasta 260 KA
 $dI/dt = 30.000 \text{ MA/seg}$
- Zona B – Transición
- Zona C – Estabilización
Corriente de cientos de A
- Zona D – Repetición
descarga Típicamente 3 o 4 veces

Porcentaje de Ocurrencia



- 50% de los casos primer descarga supera 20 KA.
- 2 % de los casos llega a superar los 140 KA.
- Descargas posteriores son de menor intensidad
- Repeticion de descarga
3 a 4 veces típico.

Parametros de una Descarga

Porcentaje de eventos con características superiores a las indicadas

	99	90	75	50	25	10	1 %	
Numero de descargas	1	1	2	3	5	7	12	
Intervalo entre descargas	10	25	35	55	90	150	400	mseg
Corriente 1er descarga	5	12	20	30	50	80	130	KA
Pico descargas siguientes	3	6	10	15	20	30	40	KA
Primer descarga dI/dt	6	10	15	25	30	40	70	GA/s
Siguientes descargas dI/dt	6	15	25	45	80	100	200	GA/s
Carga Total	1	3	6	15	40	70	200	C
Corriente Continua Max.	30	50	80	100	150	200	400	A
Duracion Total	50	100	250	400	600	900	1500	mseg

Protección Contra Descargas

- Elementos a Proteger
 - Instalaciones
 - Personas (vidas)
 - Equipos
- Idea de Área Protegida

Idea de Area Protegida

- Las descargas atmosféricas “no pueden evitarse”.
- Ningún sistema de proteccion puede garantizar en forma absoluta vidas, bienes ni estructuras.
- Todos los sistemas de protección tratan de controlar la descarga buscando que se produzca sobre puntos definidos y garantizar su rapida disipacion a tierra.
- Area protegida es el volumen que encierra a todos los elementos que gracias a la instalacion de un “captor” tienen una baja posibilidad de recibir una descarga.

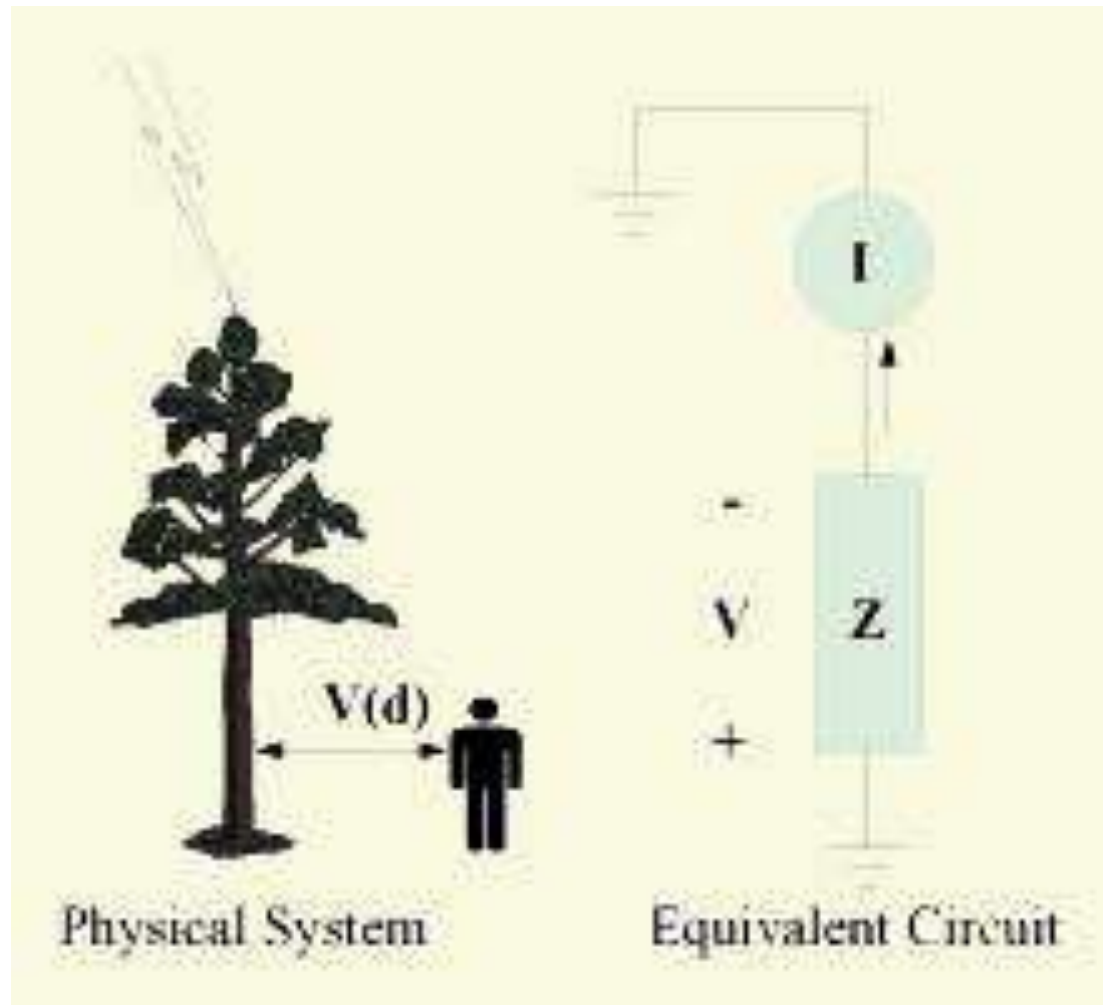
Sistema de Descarga a Tierra

- Su efectividad depende de :
 - Tipo y tamaño del electrodo utilizado.
 - Características del suelo (resistividad)
- La resistividad del suelo depende de :
 - Cantidad de iones libres (sales)
 - Temperatura (congelamiento / sequía)
 - Humedad (muy vinculada con la anterior)

Protección de las Personas

- La descarga eléctrica en su camino por los conductores de descarga y su posterior disipación en la tierra genera un gradiente de tensión de magnitud considerable.
- Una persona parada sobre la tierra puede sufrir un grave daño si se crea una diferencia de potencial perjudicial entre partes de su cuerpo
- Una persona parada cerca de un conductor de descarga puede sufrir una descarga lateral

Descarga Lateral



Efectos Corriente Electrica en EL Cuerpo Humano

- Umbral de Percepción : Minima corriente que puede sentirse. Depende de factores fisiológicos y area de contacto. Tipicamente se toma 0.5 mA.
- Umbral de desprendimiento : Valor máximo de corriente que permite desprenderse del electrodo. Valor normal 10 mA.
- Umbral de fibrilacion ventricular : Depende de parametros fisiológicos (anatomía, estado del corazón, camino, clases de corriente , etc)

Protección de las Personas

- Todos los caminos de circulación de las personas deben estar dentro del área protegida.
- Uso de alfombras conductoras puestas a tierra reducen diferencias de potencial.
- Asegurar separaciones seguras entre conductores de descarga y personas.

Equipotencialidad

- Se obtiene la equipotencialidad vinculando el sistema de protección con :
 - Estructura metálica del edificio.
 - Instalaciones metálicas del edificio.
 - Elementos conductores externos.
 - Instalaciones eléctricas y de telecomunicación.
- - Cañería de agua.
Por medio de conductores metálicos o protectores de sobretensión.

PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS

ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA A TIERRA

Se deben conectar a tierra, las siguientes instalaciones y elementos en los edificios (según Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IEP):

- ✓ Enchufes eléctricos y masas metálicas de baños y aseos (NTE-IEB: Baja Tensión).
- ✓ Instalaciones de calderos, depósitos, calefacción y gas, guías de aparatos elevadores y en general, todo elemento metálico importante, según (según Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IEB: Baja Tensión).
- ✓ Instalaciones de pararrayos; (según Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IPP: Pararrayos).
- ✓ Soportes de hormigón y armaduras de muros, y estructuras metálicas.
- ✓ Instalaciones de antenas colectivas de TV y FM para edificios con más de 10 viviendas y con un número mayor a cuatro plantas.

COMPONENTES DE LA CONEXIÓN DE TOMAS DE TIERRA EN EDIFICIOS

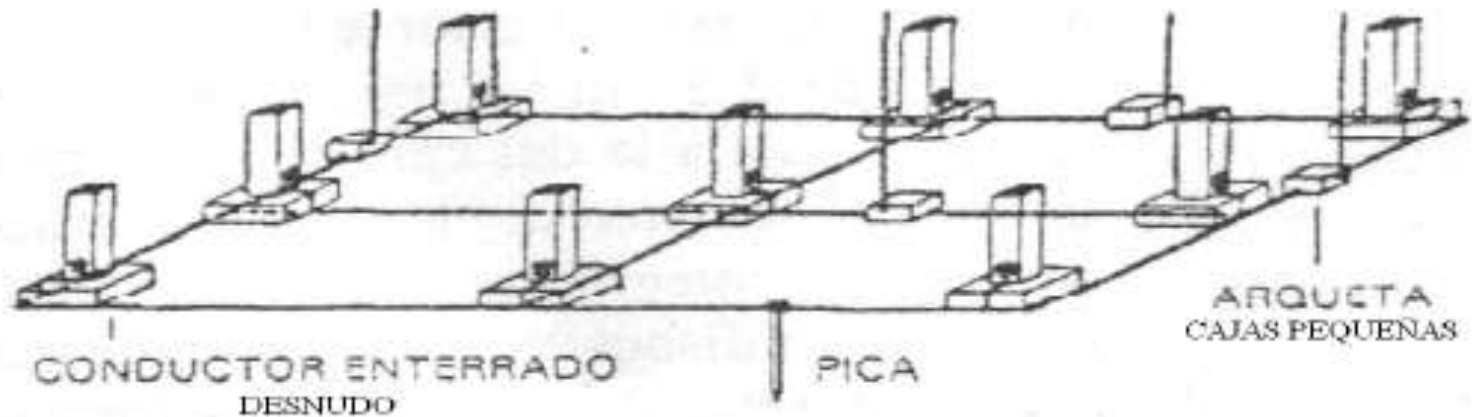
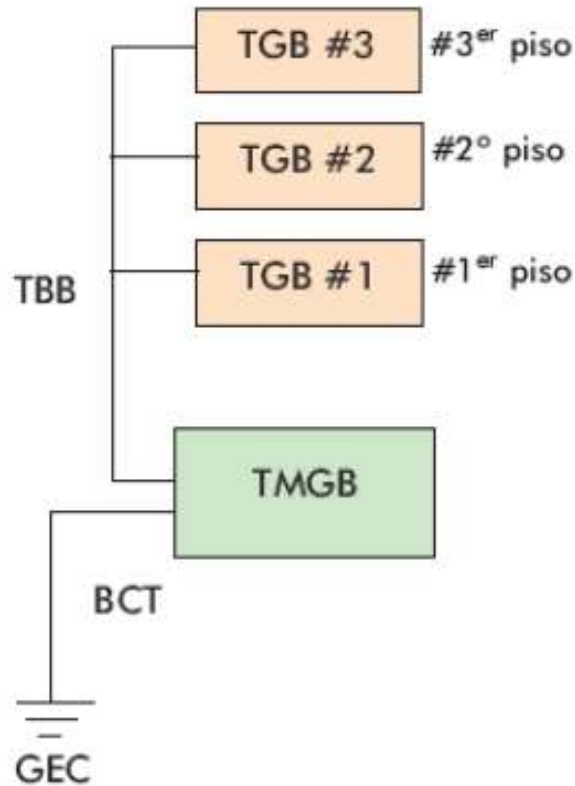


FIG1.- COMPONENTES DE LA CONEXIÓN DE TOMAS DE TIERRA

Requisitos para conexiones a tierra y uniones para telecomunicaciones en edificios comerciales

- Una adecuada conexión a tierra y cableado en la estructura del edificio es un requisito del Código Eléctrico Nacional. La unión de todos los equipos eléctricos y de telecomunicaciones al conductor del electrodo de conexión a tierra (GEC) primario resulta esencial para optimizar el desempeño y la seguridad.
- Nota: La unión a tubería de agua es una violación al código.
- La unión del equipo de telecomunicaciones, instalaciones y cableado al electrodo primario de conexión a tierra se logra usando los siguientes elementos principales:

- Conductor del electrodo de conexión a tierra (GEC).
- Conductor de unión (BC).
- Barra de bus principal de conexión a tierra para telecomunicaciones (TMGB).
- Cable primario de unión para telecomunicaciones aislado (TBB).
- Barra de bus de conexión a tierra para telecomunicaciones (TGB).



PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS ELECTRONICOS

- La puesta a tierra de los equipos electrónicos y de control, consta de una serie de electrodos instalados remotamente al edificio.
- En el interior se instala una barra de cobre electrolítico de dimensiones adecuadas montada a 2.60 metros sobre nivel de piso terminado con una leyenda indicativa, que es de uso exclusivo para el sistema de electrónica.
- La resistencia a tierra máxima en este sistema debe ser de unos 2 Ohms, cuando no se alcanza la resistencia deseada, se instala algún elemento químico para reducir la resistividad del terreno y alcanzar así, la resistencia a tierra requerida.

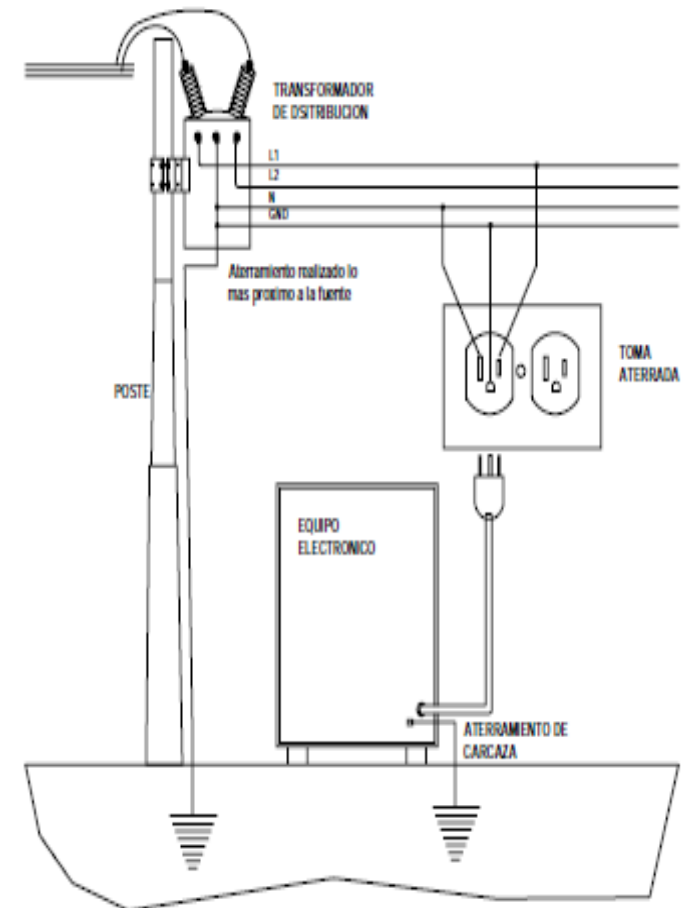


Figura 1
Puesta a tierra de equipo electrónico

Puesta a tierra para sistemas eléctricos.

- El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es limitar cualquier voltaje elevado que pueda resultar de rayos, fenómenos de inducción o de contactos no intencionales con cables de voltajes más altos.
- Esto se realiza mediante un conductor apropiado a la corriente de falla a tierra total del sistema, como parte del sistema eléctrico conectado al planeta tierra.

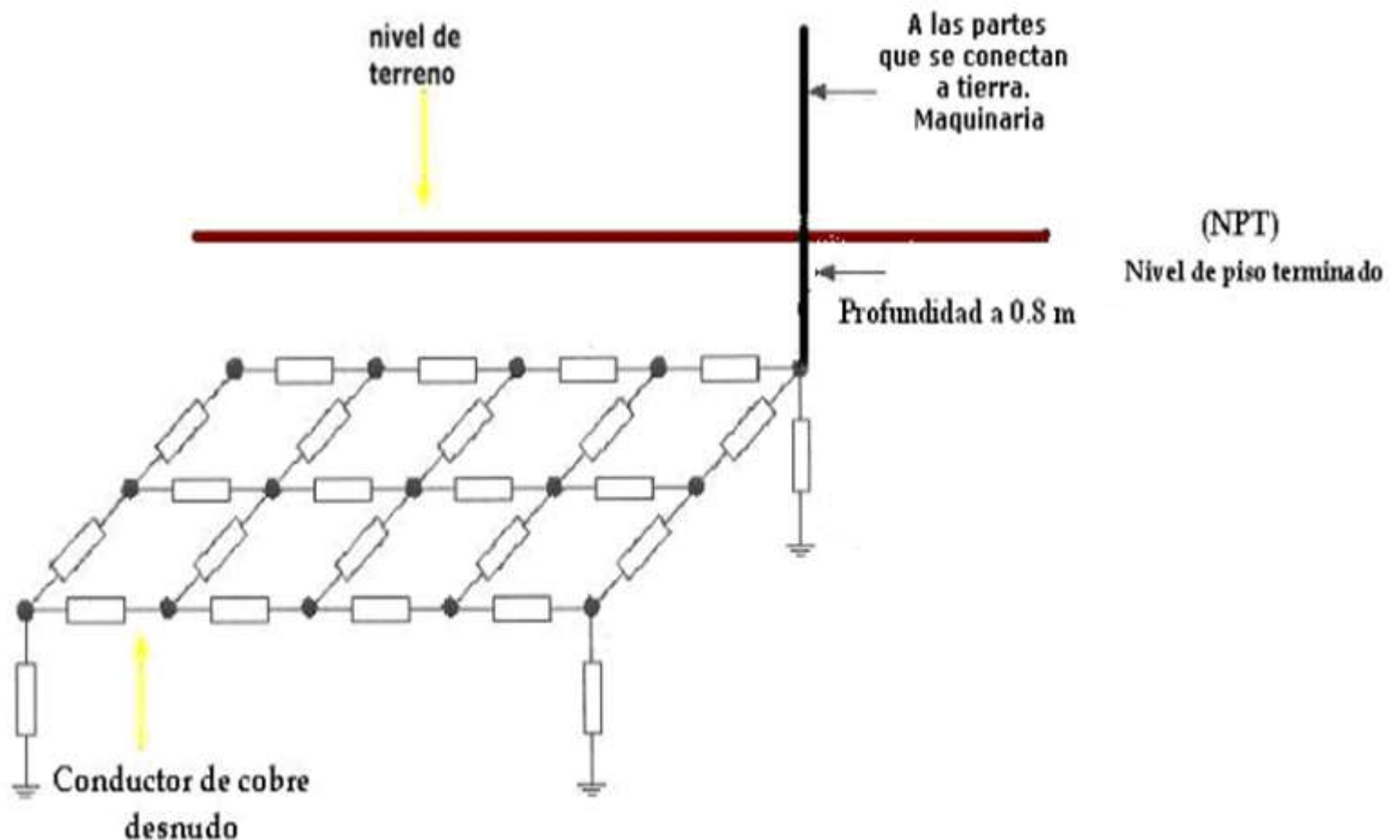
Puesta a tierra de los equipos eléctricos.

- Su propósito es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida y las propiedades, de forma que operen las protecciones por sobrecorriente de los equipos.
- Utilizado para conectar a tierra todos los elementos de la instalación que en condiciones normales de operación no están sujetos a tensiones, pero que pueden tener diferencia de potencial con respecto a tierra a causa de fallas accidentales en los circuitos eléctricos, así como los puntos de la instalación eléctrica en los que es necesario establecer una conexión a tierra para dar mayor seguridad, mejor funcionamiento y regularidad en la operación y en fin, todos los elementos sujetos a corrientes eléctricas importantes de corto circuito y sobretensiones en condiciones de falla.
- Generalmente la resistencia a tierra en cualquier punto del sistema, no debe ser mayor a 10 Ohms. Para la conexión a tierra de los equipos, se instalan en los edificios, una barra de cobre electrolítico de dimensiones adecuadas, instaladas a unos 60 cm sobre el nivel de piso con una leyenda indicativa, que es de uso exclusivo para el sistema de fuerza en las concentraciones de tableros de cada piso.

Malla de Tierra

La malla de tierra es un conjunto de multiplex varillas de tierra y conductores enterrados que permiten conectar los equipos que componen una instalación a un medio de referencia, en este caso la tierra.

- En la figura se puede ver un esquema general de una malla de puesta a tierra.



- Para el diseño de una malla de tierra es fundamental conocer la resistividad ofrecida al paso de la corriente eléctrica a través de los electrodos hacia el suelo, debido a que es un parámetro fundamental para el diseño geométrico de las mallas de puesta a tierra.
- Para efectuar un cálculo aproximado de la resistencia de puesta a tierra, se utiliza la expresión de Laurent:

$$R = \frac{\rho_e}{4\sqrt{S/\pi}} + \frac{\rho_e}{L} \text{ [Ohms]}$$

Donde:

ρ_e : resistividad equivalente del terreno [Ohm·m]
 S : superficie que cubre la malla [m²]
 L : longitud total de conductor de la malla [m]

EJEMPLO

- En un terreno de 100 [Ohm-m] de resistividad equivalente, una malla de 10x10 m², con cuatro retículos (3 conductores en cada dirección, igualmente espaciados) y enterrada a 0,8 metros de profundidad, tiene una resistencia aproximada de:

$$R = \frac{100 [\Omega m]}{4\sqrt{10 \times 10 m^2 / \pi}} + \frac{100 [\Omega m]}{0.8 m}$$

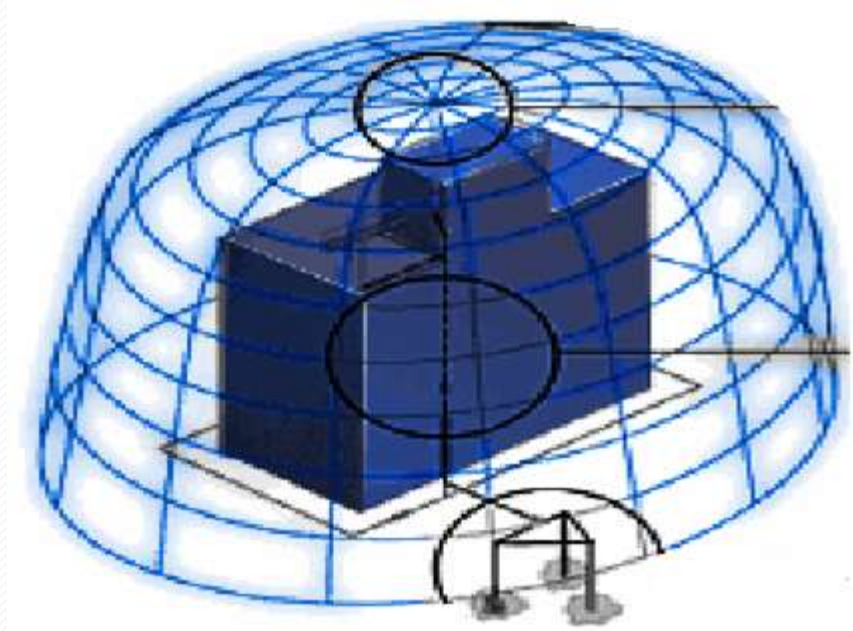
$$R = 6,1 \text{ Ohm}$$

MATERIAL			RESISTIVIDAD (ohm-metro)
Permafrost			3500 - 4000
Asfalto		Seco	2*10 ⁶ - 30*10 ⁶
Asfalto		Mojado	10000 - 6 * 10 ⁶
Concreto		Seco	1200-28000
Concreto		Mojado	21-100
Compuesto	GAP	seco	0.032
Compuesto GAP con 30% de agua en masa			0.015

Tabla 3. Datos de resistividad de suelos típicos

Apantallamiento contra descargas Atmosféricas

- El elemento protector tiene entonces por finalidad atraer sobre si la descarga y conducirla a tierra, de la forma que no dañe a los elementos protegidos. Este efecto se denomina “apantallamiento o blindaje” y constituye uno de los medios más utilizados para el control de los rayos.
- Esta claro que mientras más alto esté el elemento protector, mayor será la probabilidad de intercepción de un rayo, y existirá un mayor grado de protección.



Existen actualmente 2 métodos que brindan seguridad y cumplen con las exigencias del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas).

1. Jaula de Faraday
2. Pararrayos Ionizante (NO RADIATIVO) con Dispositivo de Cebado

Ambos sistemas están diseñados bajo el modelo electrogeométrico y cumplen con la teoría de la esfera ficticia.

Ambos métodos de protección contra rayos son eficientes pero, el segundo presenta un radio de cobertura más amplio, lo cual le permite brindar un nivel de alcance mayor extensible a las áreas al aire libre aledañas a su sitio de instalación.

Una de las ventajas de este sistema es que el equipo permite la captación de hasta ocho (8) impactos directos de rayos continuos sin saturarse.

La finalidad de ambos sistemas es la captar los rayos y canalizarlos hasta la malla de puesta a tierra del pararrayos y disipar su energía en el subsuelo, sin que ocasione daños irreparables en instalaciones eléctricas, edificaciones, equipos eléctricos y electrónicos y, principalmente proteja la vida humana.