

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN SEDES DE  
COMUNICACIONES**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**PRUDENCIO RAUL ATENCIA VEGA**

**PROMOCIÓN  
2002 - I**

**LIMA – PERÚ  
2006**

**SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN SEDES DE  
COMUNICACIONES**

Este trabajo se lo dedico a mis padres  
Prudencio y Celia, por su apoyo constante  
e incondicional desde mi etapa de estudiante.

## SUMARIO

Para que un sistema de energía eléctrica opere correctamente con una apropiada continuidad de servicio, con un comportamiento seguro de los sistemas de protección y para garantizar los niveles de seguridad personal es necesario que el sistema eléctrico en su conjunto posea un sistema de puesta a tierra bien diseñado.

El presente trabajo tiene por finalidad mostrar la importancia que tiene un buen sistema de Puesta a Tierra en una Sede de Comunicaciones. A medida que se desarrolla cada uno de los siguientes capítulos, podremos darnos cuenta de que la función principal de un Sistema de Puesta a Tierra es la de la protección del Personal, pasando así a un segundo plano el correcto funcionamiento de los equipos.

Considerando que para las empresas de Comunicaciones es necesario que sus equipos electrónicos y servicios ofrecidos a sus clientes no se vean afectados por diversos factores climáticos y/o perturbaciones eléctricas (mala calidad de energía), otros dispositivos importantes a tener en cuenta cuando se hace un diseño eléctrico para una Sede de Comunicaciones son los pararrayos, TVSS's, Diodos semiconductores etc.

En cuanto al aterramiento de los equipos, existen diversas teorías y contradicciones las cuales trataremos de explicarlas en los siguientes capítulos.

## ÍNDICE

### PRÓLOGO

### CAPÍTULO I

#### DISTURBIOS ELECTROMAGNÉTICOS Y CONSECUENCIAS

1.1	Rayo.	4
1.2	Fallas a FI.	10
1.2.1	El Anillo Exterior de Puesta a Tierra.	10
1.2.2	Radio Frecuencia (RF)	11
1.3	Consecuencias.	12
1.4	Sensibilidad de los componentes y circuitos electrónicos.	14
1.4.1	El ruido como interferencia.	14
1.5	Electricidad Estática y/o Descargas Electrostáticas.	14
1.5.1	Humedad relativa para el control de las cargas electrostáticas.	15
1.5.2	Aterramiento de Campos Electrostáticos.	15
1.5.3	Ionización	16
1.5.4	Pisos conductivos.	16
1.5.5	Calzado conductivo.	16
1.5.6	Precauciones especiales.	17

### CAPÍTULO II

#### INSTALACIONES DE SEGURIDAD

2.1	Dispositivos utilizados en las instalaciones.	18
2.1.1	Varistores de óxido metálico (MOV).	18
2.1.2	Tubos de Gas.	20
2.1.3	Diodos Supresores de Avalancha de Silicio (SASD).	21
2.1.4	Supresores de Picos.	22
A)	Criterios a tener en cuenta para la selección y diseños de TVSS's	25
B)	Datos técnicos de los aparatos de protección	26
C)	ANSI/IEEE C62.41	30

2.1.5 Puesta a Tierra.	31
2.1.6 Jaula de Faraday.	33
A) Construcción de la jaula de Faraday.	34
2.1.7 Pararrayos.	36
A) Dispositivo captor.	37
B) Conductores de bajada.	39
C) Sistema de puesta a tierra.	41

### **CAPÍTULO III**

#### **REQUERIMIENTOS DE LA OPERACIÓN**

3.1 Campos Magnéticos.	42
3.2 Campos Electromagnéticos.	43
3.2.1 Blindajes contra acoplamiento Capacitivo (Campo Eléctrico).	43
3.2.2 Blindajes contra acoplamiento Inductivo (Campo Magnético).	43
3.2.3 Blindajes contra acoplamiento por Radiofrecuencia.	44
3.3 Aterramientos de Protección.	45
3.3.1 Aterramientos de cargas estáticas.	45
3.3.2 Aterramientos de protección contra rayos.	46
3.4 Sistema de Tierras Para Señales Electromagnéticas y Cargas Estáticas.	48
3.5 Criterios de cableados de Puesta a Tierra para equipos sensibles.	48

### **CAPÍTULO IV**

#### **PUESTA A TIERRA EN SALAS DE COMUNICACIONES**

4.1 Consideraciones Generales a tener en cuenta.	52
4.1.1 Sistemas de C.A. conectados sólidamente a tierra.	52
4.1.2 Sistema en anillo de electrodos de tierra enterrados.	52
4.1.3 Conexión a través de la línea interior / exterior de demarcación del edificio y un anillo de tierra enterrado.	53
4.1.4 Tuberías / canalizaciones eléctricas y carcasas asociadas.	53
4.1.5 Puesta a tierra de fuentes de C.A. derivadas separadamente.	53
4.1.6 Método IG (Isolated Grounding) de puesta a tierra segregada.	53
4.1.7 Formas especiales de electrodos de tierra.	53
4.2 Normas Internacionales.	54
4.2.1 IEEE Std 1100 – 1999 : Prácticas recomendadas para energizar y aterrizar equipos electrónicos.	54

A) Subsistemas de Tierra.	54
B) Subsistemas de Electrodo de Tierra.	55
C) Estructura de referencia de señales (SRS).	55
4.2.2 Estándar Internacional TIA / EIA 607 A: Estándar de requerimiento para uniones y PAT para Salas de Telecomunicaciones en edificios.	55
A) Unión de Componentes.	57
B) Etiquetado.	57
C) Conductor de Unión para Telecomunicaciones.	58
D) Barra Principal de Puesta a Tierra (TMGB).	60
E) Barra de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TGB).	62
F) Entrada de servicios.	62
G) Cuarto de Telecomunicaciones.	63
H) Estándares TIA/EIA.	63
4.3 Tipos de Tierras.	65
4.3.1 Tierra Limpia.	65
4.3.2 Tierra Relativa y Tierra Absoluta.	65

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO Y EJECUCION**

5.1 Pasos para lograr excelentes Sistemas de Puesta a Tierra.	67
5.1.1 Determinación de los Parámetros.	67
5.1.2 Diseño.	68
5.1.3 Análisis del Comportamiento.	68
5.1.4 Topología.	68
5.1.5 Materiales y Cantidades de Obra.	68
5.1.6 Ejecución de Obra.	68
5.1.7 Mediciones de Comprobación.	69
5.1.8 Detalles Finales.	69
5.2 Factores que afectan la resistividad del suelo.	69
5.2.1 Influencia de la temperatura.	69
5.2.2 Influencia de la humedad.	69
5.2.3 Efecto del contenido de sales.	70
5.3 Métodos para reducir la resistencia de puesta a tierra.	70
5.4 Interconexión de Puestas a Tierra.	70

5.5	Conexiones Exotérmicas.	71
5.5.1	Normas de Seguridad.	71
5.5.2	Preparación de conductores de cobre.	72
5.5.3	Procedimiento general de Aplicación.	72
5.5.4	Criterios de Calidad.	73
5.6	Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra.	73
5.6.1	Arreglo del sistema para evitar corrientes eléctricas indeseables.	73
5.6.2	Modificaciones para evitar corrientes eléctricas indeseables.	73
5.6.3	Corriente eléctrica temporal que no se considera indeseable.	74
5.6.4	Limitaciones a las alteraciones permitidas.	74
5.7	Barras Equipotenciales.	74
5.8	Bobinas de Choque.	75
5.8.1	Objetivos de la Bobinas de Choque.	76
5.9	Puentes de Conexión Equipotencial.	76
5.10	Limitaciones de un Sistema de Puesta a Tierra.	78
5.11	Metodología IEEE 80.	80
5.11.1	Parámetros a tener en cuenta en el diseño.	80
5.11.2	Constantes.	80
5.11.3	Conductor a utilizar.	80
5.11.4	Tensiones de paso y toque máximos tolerables.	81
5.11.5	Determinación de la configuración inicial.	81
5.11.6	Cálculo de la resistencia de Puesta a Tierra $R_g$ en ohms ( $\Omega$ ).	82
5.11.7	Cálculo del máximo potencial de tierra (GPR).	82
5.11.8	Cálculo de tensión de malla en caso de falla (Volts).	82
5.11.9	Cálculo de la tensión de paso en caso de falla (Volts).	83
5.12	Método Clásico de Medición.	83

## **CAPÍTULO VI**

### **APLICACIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1	Factores a tener en cuenta.	87
6.2	Donde se requiere.	87
6.3	Donde no se requiere.	87
6.4	Clasificación de las Puestas a Tierra.	87
6.4.1	Puesta a Tierra de protección (para equipos).	88



6.4.2 Puesta a Tierra de servicio (para sistemas eléctricos).	88
6.4.3 Puesta a Tierra temporales (para trabajos de mantenimiento).	88
6.5 Recomendaciones para reducir riesgos en instalaciones eléctricas.	88
6.5.1 Adoptar y cumplir algún método de protección.	88
6.5.2 Efectuar un correcto mantenimiento de la instalación.	89
6.5.3 Tan importante como el correcto mantenimiento.	89
6.6 Consecuencias de no tener un sistema de Puesta a Tierra.	90
6.6.1 Discontinuidad del servicio.	90
6.6.2 Fallas múltiples a tierra.	90
6.6.3 Incendios por arcos.	90
6.6.4 Dificil localización de fallas.	90
6.6.5 Tensiones anormales sin control.	90
6.6.6 Sobretensiones del sistema de potencia.	90
6.6.7 Incremento de costos.	91
6.6.8 Seguridad.	91
<b>CONCLUSIONES</b>	92
<b>ANEXOS</b>	94
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	117

## PRÓLOGO

La toma de tierra es el elemento de conexión de la instalación con el terreno y similar a la “conexión equipotencial” entre dos partes metálicas de la instalación, tiene por finalidad mantener al mismo potencial la masa metálica de nuestras instalaciones con el de tierra debiendo constituir el mejor camino para que se dispersen a través de ella las corrientes procedentes de descargas atmosféricas o de origen industrial. Además un sistema suministrador de energía necesita estar referido a tierra como medio de balance o equipotencialidad con los diferentes subsistemas.

A la fecha aún existen instituciones o profesionales que emplean o recomiendan los electrodos de tierra aislados posiblemente por las siguientes razones:

- 1.- Gran cantidad de fabricantes, proveedores e instaladores de equipos electrónicos sensibles, exigen la instalación de estos electrodos como condición para que la garantía del correcto funcionamiento de sus equipos se valide.
- 2.- La metodología de los electrodos de puesta a tierra aislada fue una práctica aceptada por más de 40 años. Muchos ingenieros electricistas reciben dicha experiencia de otros profesionales no actualizados en las metodologías, estándares y Normas existentes en la actualidad y por lo tanto mantienen esta postura obsoleta.

Al ejercer nuestras actividades como diseñadores, instaladores, inspectores, consultores o capacitadores es preciso que respaldemos nuestras opiniones y creencias con fundamentos sólidos, independientes, neutrales y de prestigio. En especial se tiene que hacer estos deslindes toda vez que se presente el tema de nivel conflictivo (electrodos de puesta a tierra aislados), que en unos casos puede afectar peligrosamente la seguridad del personal a cargo, además de arriesgar una pérdida importante en la inversión de equipos electrónicos sensibles.

El presente trabajo se ha dividido en cinco capítulos en los cuales se detalla los fenómenos atmosféricos, precauciones a tener en cuenta para la correcta operación de los equipos y la seguridad del personal además de los consejos a tener en cuenta para realizar un correcto diseño y operación de un Sistema de Puesta a Tierra.

### *Capítulo I : Disturbios electromagnéticos y consecuencias*

Se explica sobre la formación del rayo, la electricidad estática y como afectan ambos al correcto funcionamiento de los equipos electrónicos.

### *Capítulo II : Instalaciones de seguridad*

Se explica sobre los diversos dispositivos de protección a tener en cuenta para el correcto funcionamiento de los equipos.

### *Capítulo III : Requerimientos de la operación*

Se trata de dar detalles respecto a las consideraciones a tener en cuenta para tratar de evitar que los diversos tipos de campos magnéticos y eléctricos afecten el correcto funcionamiento de los equipos.

### *Capítulo IV : Puesta a tierra en salas de comunicaciones*

Se detallan las normas internacionales a ser utilizadas para un correcto Sistema de Puesta a Tierra, asimismo se hace una transcripción de algunas normas internacionales a tener en cuenta para la habilitación de un Sistema de Tierras en Sala de Comunicaciones.

### *Capítulo V : Diseño y ejecución*

Detallamos las consideraciones a tener en cuenta, implementos y dispositivos a ser utilizados, el diseño a seguir para ejecutar un correcto Sistema de Puesta a Tierra y asimismo se detalla la norma IEEE 80

### *Capítulo VI : Aplicaciones y recomendaciones*

Se da algunos consejos para reducir riesgos en las instalaciones eléctricas y las diferentes clasificaciones que se le puede dar a los Sistemas de Puesta a Tierra.

## **CAPÍTULO I DISTURBIOS ELECTROMAGNÉTICOS Y CONSECUENCIAS**

La columna vertebral de nuestra sociedad moderna está formada por potentes sistemas de información, una avería o el fallo de uno de estos sistemas puede tener consecuencias catastróficas.

Las causas de las averías pueden ser múltiples, pero las alteraciones y las perturbaciones electromagnéticas juegan un papel primordial. No resulta muy aconsejable esperar a que se produzcan influencias y perturbaciones en los aparatos y sistemas electrónicos y después de producidos los fallos intentar subsanarlos, lo que siempre representa un importante desembolso económico. Más bien es esencial, en una fase previa, planificar y adoptar medidas que eviten o disminuyan considerablemente el riesgo de perturbaciones, averías y destrucción de aparatos y sistemas.

Los procedimientos recomendados para la protección contra tormentas eléctricas se encuentran contenidas en normas internacionales, que combinan la experiencia en campo obtenida durante muchos años con pruebas de laboratorio.

Las instalaciones de protección eléctrica por excelencia son las tomas de tierra debido a que ellas dispersan en el terreno las corrientes perturbadoras producidas por las descargas atmosféricas o bien por las instalaciones de energía eléctrica sobre las instalaciones de telecomunicación.

La toma de tierra es el elemento de conexión de la instalación con el terreno y similar a la “conexión equipotencial” entre dos partes metálicas de la instalación, tiene por finalidad mantener al mismo potencial la masa metálica de nuestras instalaciones con el de tierra debiendo constituir el mejor camino para que se dispersen a través de ella las corrientes procedentes de descargas atmosféricas o de origen industrial. Además un sistema suministrador de energía necesita estar referido a tierra como medio de balance o equipotencialidad con los diferentes subsistemas.

La PAT crea una condición estable de operación y un valor único de voltaje, donde cada uno de los sistemas de protección han de tener la misma referencia, por esto un buen equipo de protección sin una adecuada conexión a tierra es como no poseer protección alguna, dado que ésta será incapaz de proteger por tener una referencia diferente con su fuente de energía.

En la conservación de los sistemas de puesta a tierra, tienen un papel importante la formación de los suelos y el comportamiento climático de la zona, por ello los criterios de mantenimiento son diferentes para cada lugar tanto en la forma como en el tiempo.

### 1.1 Rayo.

El Rayo es la descarga de celdas de elevado potencial (generalmente negativas), entre nubes y la tierra. Estas celdas cargadas en las nubes atraen cargas opuestas sobre la superficie de la tierra, directamente debajo de ellas.

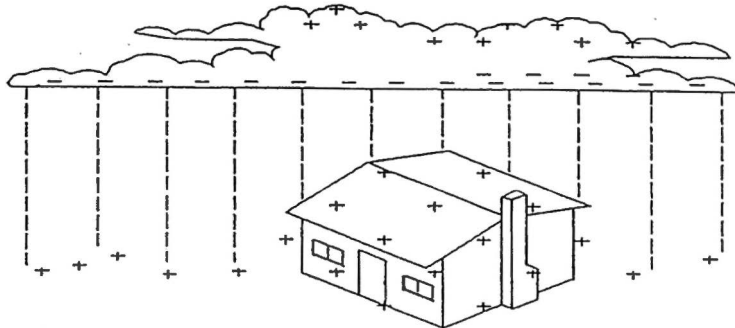


Fig 1.1 : Separación de cargas

Cuando la carga de la celda alcanza un nivel crítico (cuando se rompe el aislamiento entre la nube y la tierra), se establece una trayectoria escalonada, frecuentemente a tierra, produciendo una corriente elevada de descarga, que neutraliza momentáneamente las cargas de la nube y tierra.

La corriente aumenta desde cero hasta el valor máximo, en un tiempo de 1 a 10 microsegundos, luego declina a la mitad del valor pico en un tiempo de 20 a 1000 microsegundos. Esta descarga se puede repetir una o varias veces, sobre la misma

trayectoria, en sucesión rápida, como resultado de la recarga de la celda original, debido a descargas internas que proceden de celdas vecinas.



**Fig 1.2 : El rayo**

El rango de las corrientes del rayo se estima desde 2000 a 500000 Amp. y la distribución de valores, en la forma como ocurre frecuentemente en la naturaleza, se asume del tipo logarítmica-normal. En la Tabla 1.1 se presentan valores de la máxima corriente.

**Tabla N°1.1 : Máxima Corriente del Rayo**

<b>Norma</b>	<b>Corriente Máxima</b>
IEC 6 1024-1	98% mayores de 4KA para descargas negativas
	98% mayores de 3KA para descargas positivas
BS 6651	1% de 200 KA
	90% de 8 KA
	99% de 3 KA
NZS/AS 1768	1% de 130 KA
	90% de 12 KA
	99% de 5 KA

El punto en el que se producen las descargas en el suelo, generalmente es un punto elevado como un árbol, un edificio, una línea de transmisión y sus torres o alguna estructura elevada similar.

Las corrientes y tensiones de choque que se producen a causa de la descarga directa de rayo representan una amenaza muy seria para el sistema que se pretende proteger, en cuanto a su amplitud y contenido de energía. En caso de una descarga directa o cercana de rayo, se originan las sobretensiones por la caída de tensión en la resistencia de toma de tierra y el aumento de potencial resultante en comparación con el entorno lejano.

Iniciemos con algunas consideraciones:

- No se puede impedir la formación de rayos (y es algo que se busca...)
- No se puede garantizar la protección absoluta (y es algo que se desea...)
- Pero una instalación de protección bien realizada reduce el riesgo de daños (así se debe hacer...).

El sistema de protección puede ser externo e interno, el externo esta formado por:

- Dispositivo captor
- Conductores de bajada
- Sistema de puesta a tierra

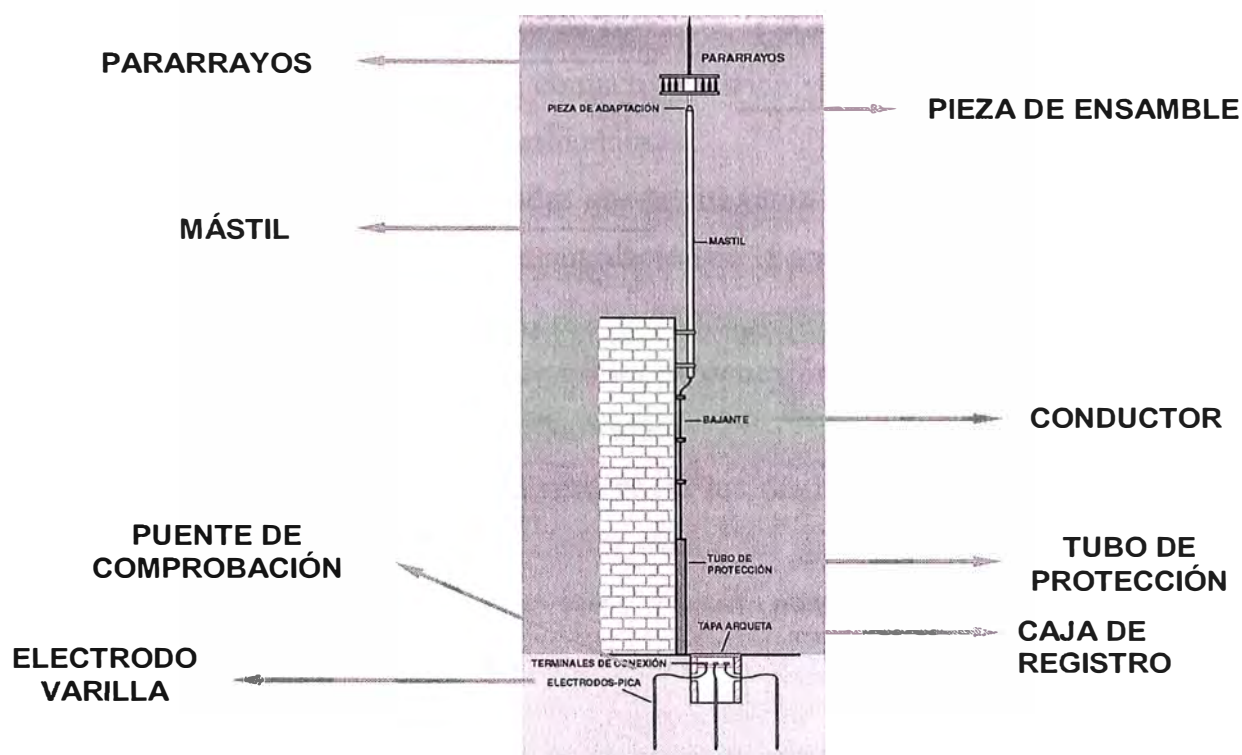


Fig 1.3 : Guía de Instalación según UNE 21.186

*La correcta integración de estas partes brinda la buena protección externa*

Un diseño de protección contra descargas atmosféricas de acuerdo a la norma UNE 21-186 se realizará con la siguiente metodología:

- a) Estudio previo para determinar el nivel de protección.
- b) Establecer el área y la altura del edificio que se va a proteger.
- c) Ubicar el pararrayos en el punto mas alto del edificio.
- d) Trazar en el plano los radios de protección del pararrayos.
- e) Hacer trayectorias de bajadas del conductor a tierra.
- f) Seleccionar los conductores y electrodos de tierra.

Al diseñar una nueva estructura, se debe plantear la integración de la protección con la finalidad de obtener la máxima ventaja de los elementos que se aprovechan como conductores. La instalación integrada permite reducir costos y trabajos ligados a la protección.

Las estructuras metálicas son conductores naturales, pero también las estructuras de hormigón armado (si cumplen algunas condiciones en el armado de acero) se pueden considerar como buenos conductores, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) El hormigón armado es dispersor de corriente, la corriente se debe inyectar en las barras, estas deben asegurar buen contacto eléctrico y debe haber ataduras sólidas, (no siendo necesarias uniones de soldadura).
- b) Se debe evitar en partes enterradas que la armadura de acero salga del hormigón, ya que esto crearía la posibilidad de oxidación de la armadura, corrosión y rotura de la superficie del hormigón.
- c) No puede aceptarse el ingreso de cables de conexión que llegan a la armadura ya que por ellos también penetraría la humedad.
- d) Es necesario unir con mínima resistencia los distintos dispersores, la solución que evita peligros de corrosión es tener (fuera del suelo) placas de conexión a la armadura del hormigón, y usar estos puntos para las interconexiones entre dispersores y la red de tierra.

Se debe evitar que metales con distintos potenciales se encuentren en contacto en zonas húmedas, si esto ocurre se presenta corrosión del que tiene potencial normal menor. La



gran presencia de hierro en el hormigón, es incompatible con el contacto del cobre que se utiliza en la red de tierra, en los puntos donde hay presencia de humedad.

La Tabla N°1.2 muestra la serie electroquímica de los metales, el que figura primero sufre corrosión, y los potenciales normales están dados en volts.

**Tabla N°1.2 : Serie Electroquímica de los metales**

magnesio	-1.8
aluminio	-1.45
cinc	-0.77
hierro	-0.43
cobre	0.35

Todas las normas, en mayor o menor grado, aceptan que no existe una protección absoluta contra el efecto de las tormentas eléctricas, sino sólo una protección adecuada, basada en el conocimiento del comportamiento estocástico del rayo y la experiencia obtenida a través de los años. A continuación se indican los párrafos en los que algunas normas especifican dicha situación:

*BS 6651: 1992*

*Sección uno – Introducción*

“Esta guía es de naturaleza general... Se hace énfasis en que, aún cuando se suministre protección, el riesgo de daño a la estructura a proteger nunca puede ser completamente efectiva”.

*IEC 61024-1 (1990)*

*Parte uno: Principios Generales*

“Un sistema de protección contra rayo, diseñado e instalado conforme a esta norma, no puede garantizar una protección absoluta a estructuras, personas u objetos; sin embargo, el riesgo de daño causado por rayo a estructuras protegidas será reducido significativamente mediante la aplicación de esta norma”.

*API 2003 (1998)**Capítulo 5, Sección cinco*

“Probablemente, la propiedad más importante del rayo es su complejidad, por lo que no existe una norma del rayo...No puede asegurarse, en forma absoluta, la prevención o la disipación en forma segura de la corriente de rayo, aún cuando se tomen las precauciones conocidas”.

*UL 96A (1994)**Prefacio*

“Esta norma contiene requerimientos básicos para los productos cubiertos por la UL...Estos requerimientos están basados en principios de ingeniería sólidos, investigación, registros de pruebas y experiencia de campo...”.

Aun cuando la norma UL 96A (1994) no indica específicamente que la protección no puede ser absoluta, indirectamente se adhiere al mismo concepto cuando acepta que sus requerimientos están basados en principios de ingeniería sólidos, registros de pruebas y experiencia de campo.

Esta aceptación de riesgo es particularmente importante, ya que la información que se tiene del rayo aún es incompleta; lo único que si se sabe acerca del rayo es que es un fenómeno caprichoso, aleatorio y destructivo, por lo que es recomendable tomar todas las medidas de seguridad necesarias para asegurar la integridad de las instalaciones y estructuras, así como de su contenido.

Los efectos directos de un rayo son la destrucción física causada por el impacto de los que pueden resultar incendios; cuando un impacto directo golpea una instalación donde hay materiales combustibles, éstos pueden estar expuestos al rayo o al canal del rayo.

Los efectos de un impacto de rayo directo o cercano a una instalación incluyen:

- La carga electrostática previa.
- Los pulsos electromagnéticos.
- los pulsos electrostáticos.
- La circulación de corriente en el suelo.
- Los sobrevoltajes transitorios inducidos.

## **1.2 Fallas a FI.**

Las instalaciones celulares, que son redes de alta frecuencia, requieren un plano de tierra equipotencial que entre más extenso sea minimizará con mayor eficacia las diferencias de potencial entre los equipos que están instalados y funcionan en alta frecuencia.

En una instalación típica, el anillo interior de tierra proporciona éste plano equipotencial, al aplicar este concepto se protege el sitio contra los pulsos electromagnéticos de alta frecuencia y los que producen las descargas atmosféricas. La forma ideal de utilizar el Anillo Interior de Tierras en una Sala de Comunicaciones es usarlo como un blindaje de Faraday; si se conecta en los cuatro rincones de la estructura, el anillo exterior de tierra funcionará como un plano de tierra invertido para bloquear la radiofrecuencia (para ello es necesario que no funcione como antena) y los campos inducidos a los circuitos por las descargas atmosféricas.

### **1.2.1 El Anillo Exterior de Puesta a Tierra.**

En sitios con antenas de radios, el propósito de la conexión a tierra es proporcionar una trayectoria con la impedancia más baja posible, desde las antenas y la torre a tierra. La tierra de la torre consiste en un anillo de alambres que está enterrado alrededor de la base y el anillo exterior de tierras consiste por lo general en un alambre enterrado, usualmente en forma de anillo, que circunda el ambiente a ser protegido (Fig. 1.4).

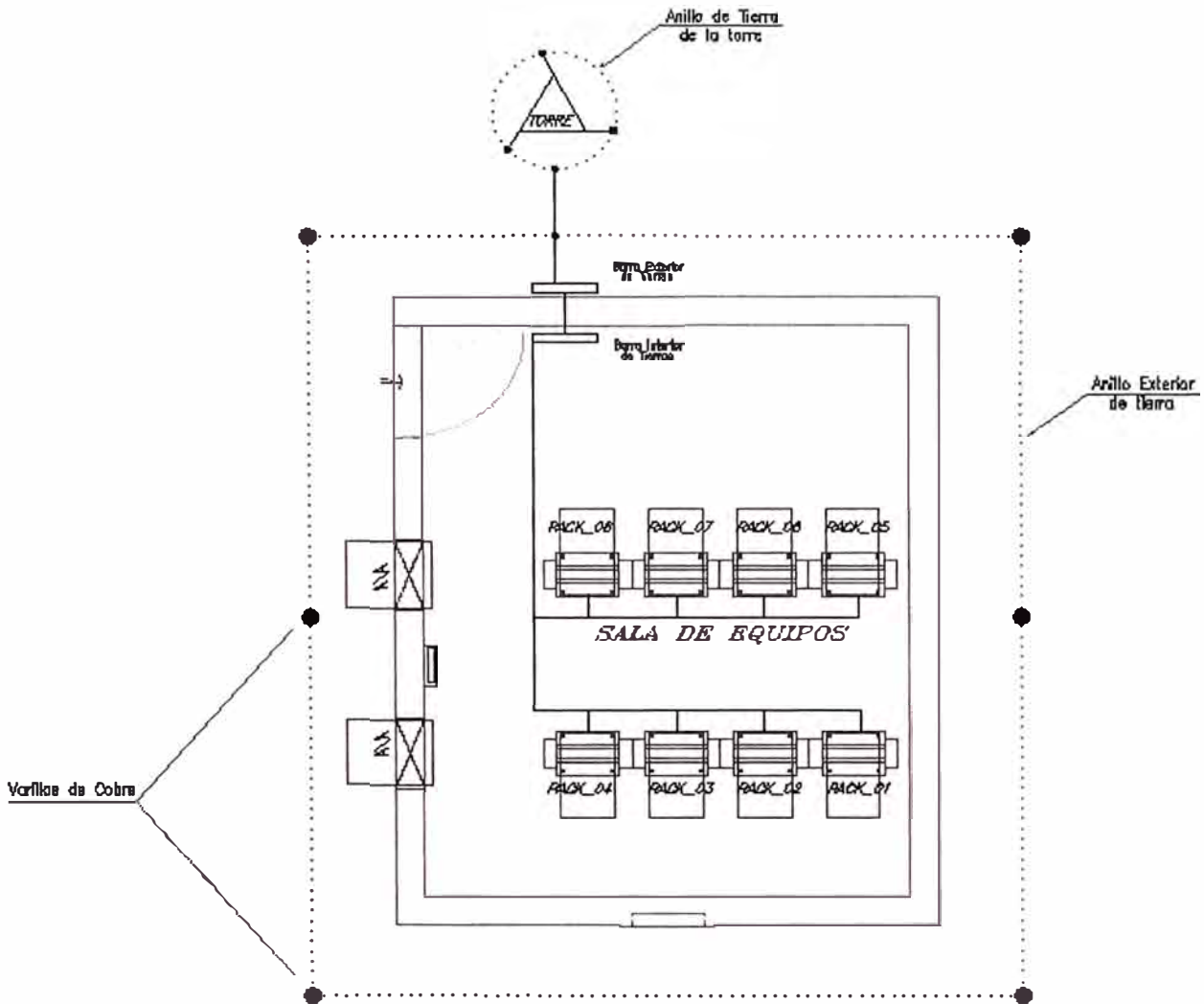


Fig 1.4 : Anillo Exterior de Tierra

Las características del anillo exterior de puesta a tierra:

- Que sea sólido de cobre y su calibre mínimo sea número 35mm<sup>2</sup>.
- Que haya sido soldado mediante proceso exotérmico a cada varilla de tierra.
- Que se entierre 75 cm. por debajo de la superficie del terreno.
- Que se conecte a la barra principal de Puesta a Tierra.

### 1.2.2 Radio Frecuencia (RF)

Es un término que se refiere a la corriente alterna (AC) con características tales que, si ésta energiza a una antena, se genera un campo electromagnético adecuado para transmisión de datos de modo inalámbrico. Estas frecuencias cubren un rango significativo del espectro de radiación electromagnética, desde 9 Kiloherztz (9KHz), frecuencia que se encuentra todavía dentro del rango captable por el oído humano, hasta miles de Gigahertz (GHz).

Muchos tipos de dispositivos inalámbricos emplean los campos RF, tal es el caso de teléfonos inalámbricos y celulares, radios y televisiones, sistemas de comunicación vía satélite, y servicios de radio con comunicación bidireccional. Algunos dispositivos inalámbricos operan en frecuencias infrarrojas o visibles, como la mayoría de los controles remotos de TV, algunos teclados y ratones para computadora y unos cuantos audífonos inalámbricos.

Con las tecnologías de radio frecuencia, se puede crear de manera sencilla y segura redes inalámbricas para transmitir información incluso de un edificio a otro, de hecho muchas compañías ya las utilizan para agilizar sus procesos y eliminar las limitaciones y el peligro que representa el uso de cables en actividades industriales, por ejemplo.

### 1.3 Consecuencias.

Las interferencias electromagnéticas son señales que perturban el correcto funcionamiento de un sistema eléctrico o electrónico, lo que afecta el voltaje, la corriente y el campo electromagnético de los circuitos.

Durante las perturbaciones eléctricas, las alteraciones de voltaje variarán mucho en diferentes puntos del sistema de puesta a tierra. Si los gabinetes de comunicaciones energizados con voltajes de (cd) están conectados a la puesta a tierra en varios puntos a lo largo del sistema, podrían generarse diferencias de potencial entre los equipos interconectados. Tal vez ocurran daños si estos potenciales provocan un flujo de corriente sobre el cableado de señal (cable coaxial, cableado estructurado, f.o.multipar etc.) y finalmente a través del circuito digital sensible, la conexión a la puesta a tierra de todos los equipos en un solo punto (enlace equipotencial) minimizará el daño que provocaría la diferencia de potencial.

La barra principal de tierra (MGB) (Fig 1.5) es el centro de actividad del sistema de tierras, la secuencia de la conexión es muy importante para la efectividad de la protección total y no debe de alterarse:

- **Generadores de Sobretensión:** Es el punto de conexión común para los protectores contra sobrevoltajes transitorios. Cualquier objeto que proporcione una trayectoria conductora a las descargas atmosféricas o a los sobrevoltajes transitorios, deberá

conectarse a ésta zona en la MGB (tierra de equipos de microondas, barra de tierra de MDF's, marco de tierra del generador, terminales del protector de teléfonos).

- **Zona a Tierra:** Llamada también Zona de Absorbedores de carga, es para la conexión del anillo exterior de tierras, acero del edificio, tuberías de agua etc.
- **Zona a Tierra No aislada:** Es el punto de referencia de tierra para la planta de alimentación de (cd) (+48V. de retorno), previenen diferencias de voltaje entre los gabinetes metálicos del equipo y los ubicados fuera de la zona de tierra aislada.
- **Zona a Tierra aislada:** Es el área donde todos los equipos y sus componentes de hierro están aisladas de las otras tierras y de sus conexiones a tierra. El gabinete de cualquier equipo instalado en ésta zona, debe conectarse también a la Zona de Tierra Aislada mediante una nueva barra de tierra conocida como "Barra de Ventana de Tierra" (GWB).

Los equipos a ser conectados a esta zona son conmutadores digitales, equipos de transmisión dotados de fibra óptica, multiplexores, inversores, equipos de telefonía digital etc.

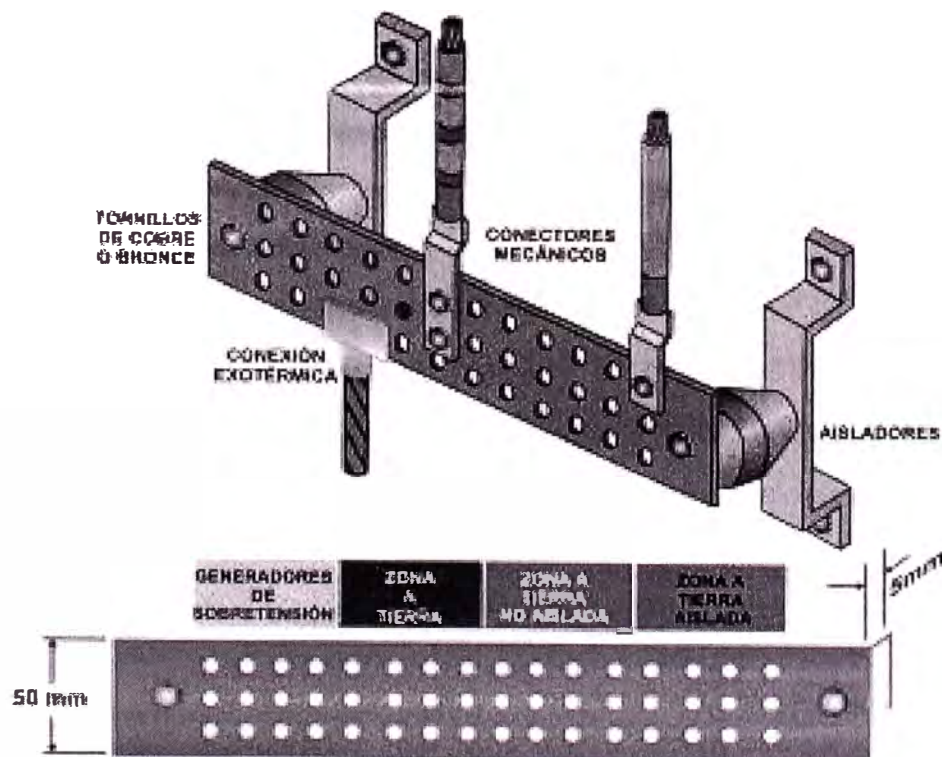


Fig 1.5 : Barra Principal de Tierra

## **1.4 Sensibilidad de los componentes y circuitos electrónicos.**

Los circuitos electrónicos tanto analógicos como digitales, son sensibles tanto a las interferencias de su banda de paso como a las interferencias de radio-frecuencias (RFI). La sensibilidad depende de los terminales donde se acopla la interferencia y la susceptibilidad a RFI se debe a la demodulación que se produce en los elementos no lineales.

### **1.4.1 El Ruido como interferencia**

El ruido es una perturbación de la potencia particularmente difícil de controlar. El ruido de modo común, como su nombre lo indica, es cualquier señal indeseable que es común a todos los conductores de circuito simultáneamente. La otra forma de ruido es el de modo normal (también conocido como transverso o ruido de modo diferencial) que es cualquier señal indeseable que existe entre los conductores del circuito.

Cualquier diferencia de potencial a tierra entre los componentes de los equipos electrónicos se convierte en ruido para los controladores, datos o circuitos de comunicación. Es necesario mantener todos los chasis a potencial de tierra o a los dispositivos electrónicos al mismo potencial bajo todas las circunstancias posibles; por lo tanto, debe diseñarse algún nivel de inmunidad al ruido de modo común en los dispositivos electrónicos que se piensen conectar. Adicionalmente, supresores de pico, el cableado, el blindaje, y el aterramiento del sistema eléctrico del edificio (incluyendo los controladores, datos y la comunicación cablegráfica) puede incrementar el efecto del ruido a la cual los equipos electrónicos están expuestos.

## **1.5 Electricidad Estática y/o Descargas Electroestáticas**

La Electricidad Estática es el fenómeno asociado con la aparición de carga eléctrica en la superficie de un aislante o de un cuerpo conductor aislado. Los sistemas deben controlar y disipar las cargas electrostáticas causadas por flujo de fluidos o de aire y otros mecanismos de generación de carga, con el fin de evitar inflamaciones en ambientes clasificados como peligrosos, descargas en circuitos electrónicos y en personas.

Cuando los operadores de una sala de comunicaciones donde existen tarjetas y circuitos integrados caminan arrastrando los pies y rozando las piernas y brazos pueden acumular cargas eléctricas de varios de miles de voltios, diferentes a los del equipo de cómputo. Si el

operador hace contacto con el equipo antes de descargarse a tierra, la energía electrostática será balanceada a través del equipo por alguna componente de control; sin embargo si la trayectoria de descarga pasa a través de los componentes del circuito integrado, el resultado puede variar entre la pérdida de datos o el daño físico del circuito integrado.

Para tratar de controlar la Electricidad Estática es necesario:

- Equipotencializar dos o más elementos conductores.
- Conectar a Tierra los puntos equipotenciales.
- Mantener la Humedad Relativa Alta (>70%) en caso de superficies no conductivas.

Un tapete antiestático a la entrada de la Sala de Comunicaciones y conectado a tierra mediante un conductor, puede igualar la diferencia de potencial entre el operador y los equipos.

Las personas pueden acumular cargas eléctricas al caminar sobre el piso de las Salas de Comunicaciones, una descarga electrostática contiene una señal de ruido de alta frecuencia, la cual requiere una trayectoria a tierra que proporcione baja impedancia a frecuencias mayores.

### **1.5.1 Humedad relativa para el control de descargas electrostáticas.-**

La humedad relativa tiene una influencia importante, entre más elevado sea el valor de la humedad relativa mejor será el comportamiento de los materiales no conductivos frente a las descargas electrostáticas. Con valores elevados se forma una superficie de agua sobre el material, lo que proporciona una superficie conductora sin embargo la presencia de niveles altos de humedad puede afectar el ambiente de trabajo de los equipos y componentes ya que pueden formarse aparte de la condensación trayectorias de corriente de fugas, los circuitos impresos se deslaminan y es factible que se produzca el crecimiento de algas y que los componentes se corroan.

### **1.5.2 Aterramiento de cargas electrostáticas.-**

Muchos problemas de estática se pueden resolver uniando las diferentes partes del equipo y aterrando el sistema completo. La unión entre dos o más objetos conductores reduce la diferencia de potencial entre los objetos conductores para prevenir la chispa entre los dos cuerpos.



### 1.5.3 Ionización.-

En el proceso de ionización, las moléculas de aire están sobretensionadas y los electrones se separan de sus átomos. Los electrones son negativos y las moléculas quedan con cargas positivas, cuando un cuerpo cargado se pone en contacto con aire ionizado, la carga estática se disipa.

La carga se lleva a tierra, a través del aire ionizado, o bien, el cuerpo cargado atrae suficientes iones cargados positiva o negativamente, desde el aire, hasta que se neutraliza.

### 1.5.4.- Pisos conductivos.-

Se colocan con la finalidad de prevenir la acumulación de carga estática, aterrando al personal y a los objetos conductivos ya que el cuerpo humano puede acumular carga estática peligrosa en ambientes secos.



Fig 1.6 : Sala Técnica con piso conductivo

### 1.5.5.- Calzado conductivo.-

Se usan en combinación con el piso conductivo. El equipo móvil debe tomar contacto directamente con el piso y siempre se debe verificar su resistencia antes de entrar a las áreas de trabajo.



**Fig 1.7 : Calzado conductivo**

### **1.5.6.- Precauciones especiales.-**

Además de los pisos y calzado conductivos, se pueden considerar otros controles como:

- Usar ropa que produzcan carga estática baja.
- Establecer procedimientos rígidos de operación
- Uso de tapetes conductivos de hule en lugares donde no hay piso conductivo, etc.

## **CAPÍTULO II**

### **INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y REQUERIMIENTOS DE LA OPERACIÓN**

La decisión de dotar a una estructura de un adecuado Sistema de Protección Contra el Rayo (SPCR) depende de factores como la probabilidad de caídas de rayo en la zona, su gravedad y consecuencias para personas, maquinaria u operatividad en empresas.

Para realizar una correcta protección debemos dotar nuestra estructura de dos sistemas de protección: protección externa contra impactos directos de rayo (pararrayos, tendido o jaula de Faraday), y protección interna contra sobretensiones provocadas por la caída del rayo en cualquier tendido de cable (limitadores de tensión, TVSS, supresores).

Tanto el sistema de protección externo como interno estarán apoyados por un buen sistema de puesta a tierra, para la evacuación de las corrientes del rayo, así como una adecuada equipotencialidad entre todos los sistemas de tierra, tanto de los sistemas de protección como de los circuitos eléctricos y telefónicos del espacio a proteger.

#### **2.1 DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN LAS INSTALACIONES**

##### **2.1.1 Varistores de óxido metálico (MOV).**

Los MOV son los componentes de mayor utilización en la protección de los equipos de comunicaciones debido a su amplia capacidad para resistir la energía; son resistores variables (varistores) no lineales con propiedades de semiconductores.

Típicamente son contruidos con polvo de óxido de zinc que producen características resistivas no lineales, los millones de partículas son como millones de diodos; al aumentar el voltaje a través del MOV, éste comienza a conducir corriente hasta un nivel en el cual el MOV empieza a absorber la potencia del transiente. La característica de limitación de voltaje de los MOV's tiene que ver con la suposición de que a medida que el varistor

conduce corriente transitoria, su resistencia interna incrementa o disminuye inversamente o proporcionalmente para mantener una caída constante a través del MOV.

Su amplia capacidad para resistir energía y el tiempo de respuesta son las mayores cualidades del MOV, mientras que la degradación es su mayor debilidad. Con el fin de ofrecer protección confiable, la degradación debe ser un factor importante en el diseño de un supresor de sobrevoltajes transitorios MOV.

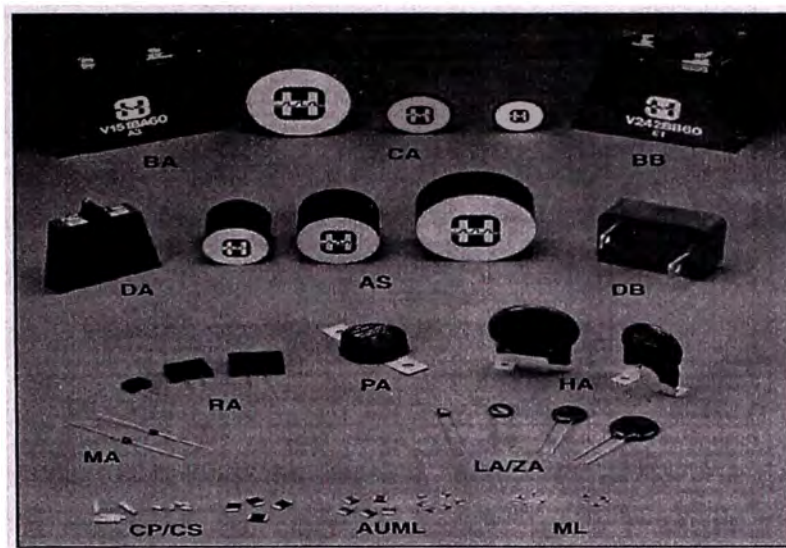


Fig. 2.1 : Varistores de Oxido Metálico

En aplicaciones de energía eléctrica CA, más del 99% de todos los dispositivos de protección contra transitorios incorporan la tecnología MOV debido a su alta capacidad de energía y desempeño confiable como Estabilizador.

Los varistores son seleccionados por su voltaje (tensión de operación) y el diámetro (determina la potencia del varistor). En la Tabla N° 2.1 podemos observar algunos códigos para la correcta selección de un varistor, la Tensión de Camping es la tensión de supresión y está expresada en RMS.

Tabla N° 2.1 : Ejemplos de Varistores

CODIGO	TENSION (V)		TENSION (V) @1mA		TENSION DE CLAMPING (V)	ENERGIA (J)	AMPERES (A)	DIAMETRO (mm)	POTENCIA (mW)
	VRMS	VDC	MIN	MAX					
V8ZA05	4	5.5	6	11	30	0.1	25	5	200
V8ZA1	4	5.5	6	11	22	0.4	100	7	250
V8ZA2	4	5.5	6	11	20	0.8	250	10	400
V12ZA1	6	8	9	16	34	0.6	250	7	250
V18ZA05	10	14	15	22	44	0.2	50	5	200
V18ZA1	10	14	14	22	42	0.8	250	7	250
V18ZA3	10	14	14	22	39	3.5	1000	14	600
V18ZA40	10	14	14	22	37	80	2000	20	1000
V22ZA1	14	18	19	26	47	0.9	250	7	250
V22ZA2	14	18	19	26	43	2	500	10	400
V22ZA3	14	18	19	26	43	4	1000	14	600
V24ZA50	14	18	19	26	43	100	2000	20	1000
V27ZA1	17	22	23	31	57	1	250	7	250
V27ZA4	17	22	23	31	53	5	1000	14	600
V27ZA60	17	22	23	31	50	120	2000	20	1000

### 2.1.2 Tubos de Gas

Es un dispositivo que tiene encapsulado un gas inerte y no es conductor hasta que lo energiza la corriente que proviene de un sobrevoltaje transitorio, entonces el voltaje se comporta como un cortocircuito. Cuando el tubo de gas desvía la energía del sobrevoltaje transitorio, crea un cortocircuito y mientras se dispara puede absorber grandes cantidades de corriente y provoca el disparo de los interruptores de protección del circuito.

El mayor beneficio lo aporta su habilidad de resistir altas cantidades de energía y su mayores debilidades son su alto voltaje de activación y su tiempo de respuesta lento (menor de 1ms cuando se instala en un circuito). Debido a su desempeño de degradación y lenta respuesta, el uso de estos dispositivos es inadecuado para la protección de los equipos digitales que usan microprocesadores.

El tubo de gas no se utiliza en líneas de potencia de AC, ya que su voltaje de arco esta por debajo del voltaje nominal de red, poniendo en cortocircuito a la línea de energía y haciendo actuar las protecciones debido a la excesiva corriente drenada. Sin embargo en las líneas de comunicación, generalmente no están presentes los voltajes nominales de las líneas de potencia ni tampoco tiene la energía de aquellas, por lo tanto estos dispositivos pueden ser usados. Asimismo, los tubos de gas suelen utilizarse en combinación con los



MOV. Los MOV's aportan velocidad a la protección y los tubos de gas una gran capacidad de absorción de energía.

### 2.1.3 Diodos Supresores de Avalancha de Silicio (SASD)

Son verdaderos semiconductores de estado sólido, no están afectados por limitaciones de voltaje de protección ni problemas de fuga térmica.

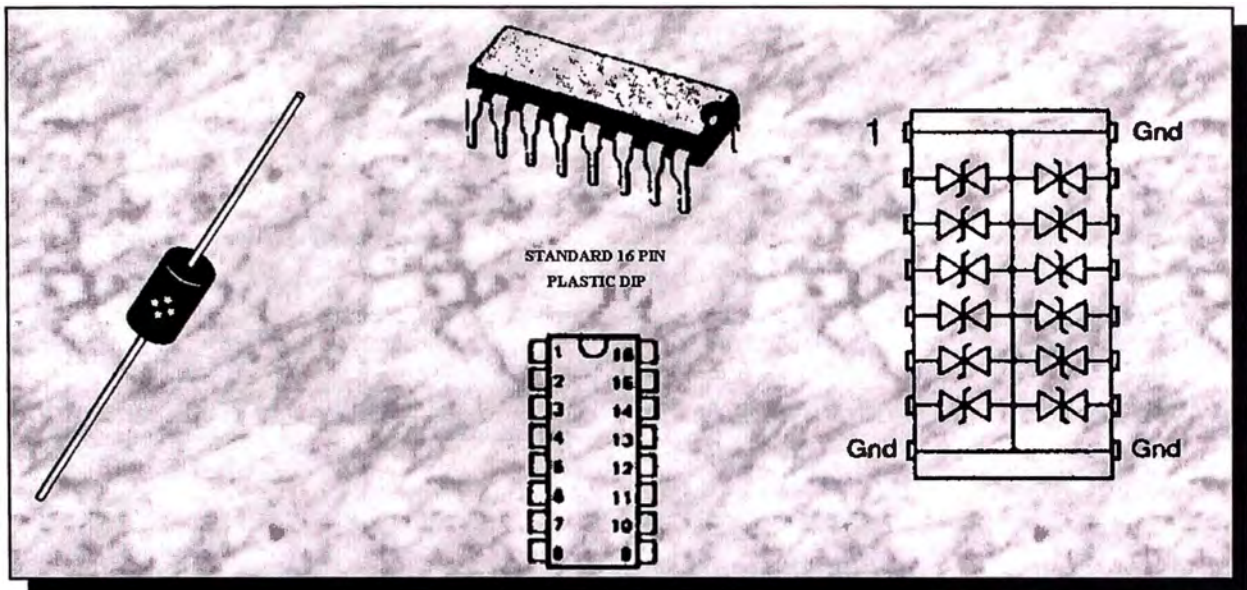


Fig. 2.2 : Diodos Supresores de Avalancha de Silicio

La mayor cualidad del Diodo de Avalancha de Silicio es su tiempo de respuesta y el hecho de que no se degrada, pero su mayor debilidad es la baja capacidad de resistir energía. Para lograr una capacidad elevada y resistir grandes cantidades de energía, se tiene que combinar una cierta cantidad de estos dispositivos.

Al aumentar la cantidad de estos dispositivos, sube el precio del equipo de protección que lo contiene, además la instalación de una cantidad insuficiente o inadecuada de dispositivos SASD puede provocar fallas catastróficas en el equipo de protección contra sobrevoltajes transitorios. El Diodo de Avalancha de Silicio (SAD), es utilizado frecuentemente en protectores contra sobretensión en línea de datos y comunicación, no se recomienda para su uso en aplicaciones CA de alta exposición debido a sus capacidades limitadas de manejo de energía.

El silicio presenta las mejores características con respecto al germanio y al selenio, como vemos en la tabla adjunta:

Tabla N° 2.1 : Características de los Diodos

Características	Silicio	Germanio	Selenio
Tensión Inversa Máximo	300 V	200 V	30 V
Densidad de Corriente	150 A/cm <sup>2</sup>	50 A/cm <sup>2</sup>	0,1 A/cm <sup>2</sup>
Temperatura máximade funcionamiento	150 °C	65 °C	100 °C

La tensión inversa máxima es la máxima tensión que puede soportar un diodo en los momentos de no conducción sin destruirse. Esto es algo muy importante que hay que tener en cuenta al elegir un tipo de diodo; en caso de que el diodo elegido no pueda soportar la tensión aplicada, se pueden poner varios en serie para duplicar o triplicar esta tensión.

#### 2.1.4 Supresores de Picos

Hoy en día, es necesario proteger las instalaciones eléctricas ante fenómenos que normalmente no se tienen en cuenta, pero que son de una gran importancia, como las Sobretensiones Transitorias que consisten en el gran aumento del valor eficaz de la tensión de la línea durante un período de tiempo del orden de los su (microsegundos).

Las anomalías en el voltaje de las líneas de alimentación son la causa más grande de destrucción de equipos electrónicos día a día, estas anomalías pueden ser prevenidas o disminuidas a la entrada de las instalaciones.

Actualmente, los proyectos desarrollados en el sector residencial, terciario e industrial están incorporando protección contra Sobretensiones Transitorias, las cuales son originadas por fenómenos atmosféricos o maniobras en la red.

Debido a su difícil predicción y naturaleza aleatoria, pueden aparecer en cualquier momento e inutilizar algunos de los receptores conectados, ocasionando pérdidas económicas considerables, como, por ejemplo impedir la producción de una fábrica, destruir la instalación eléctrica o producir daños en las personas.

Estas sobretensiones pueden tener tres orígenes bien diferenciados:

##### a.- Sobretensiones atmosféricas:

En el país el grado de actividad eléctrica (densidad anual de caída de rayos) varía según la zona geográfica en la que se encuentre y como su nombre lo indica se deben a la caída directa o indirecta de rayos. Dichas sobretensiones son menos habituales que las de maniobra, pero más peligrosas para el aislamiento, pues

poseen tasas de crecimientos y valores de cresta mucho más elevados, asociados a una alta energía, provocando un mal funcionamiento, envejecimiento prematuro o incluso la destrucción de los equipos receptores.

**a.1.- Sobretensiones transitorias inducidas:** La caída de rayo sobre la línea de distribución de energía eléctrica o de comunicaciones que se halla con carga estática, crea ondas de corriente que se propagan hacia ambos lados del punto de impacto. Esta sobretensión es bipolar y puede propagarse varios kilómetros provocando averías o destrucción de aislamientos.

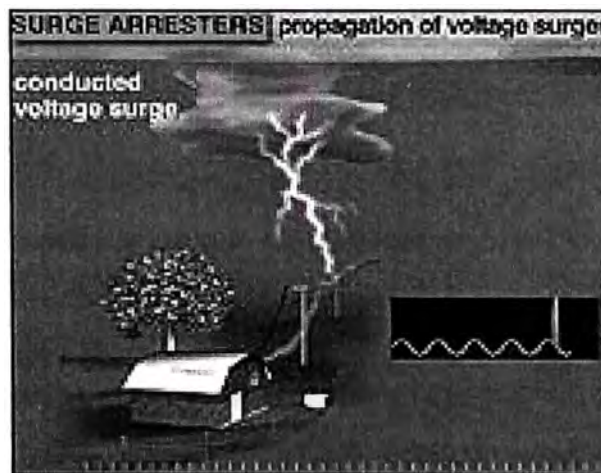


Fig. 2.3 : Sobretensiones Transitorias inducidas

**a.2.- Sobretensiones transitorias de dispersión:** La caída de rayo sobre un poste, árbol o irregularidad en el terreno será equivalente a una antena de gran longitud que emite un campo electromagnético muy elevado

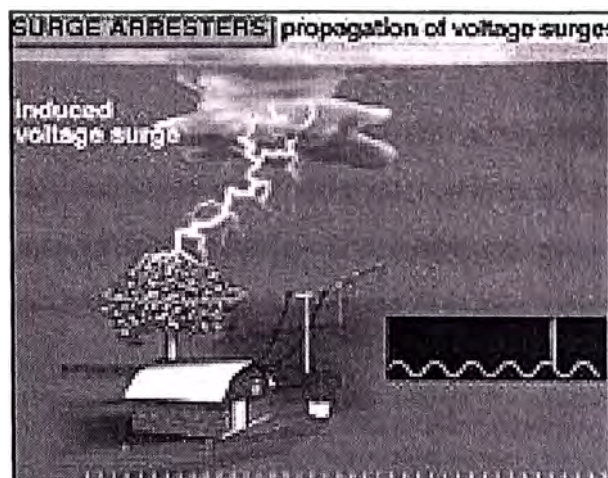


Fig. 2.4 : Sobretensiones Transitorias de dsipersión

**a.3.- Gradientes transitorios debidos al potencial del suelo:** La caída de un rayo sobre el suelo o sobre un pararrayos provoca una fuerte elevación del potencial de



tierra en una zona próxima de decenas de metros (si el rayo cae en un pararrayos, el potencial de tierra aumentará cuando la corriente se canalice a la puesta a tierra).

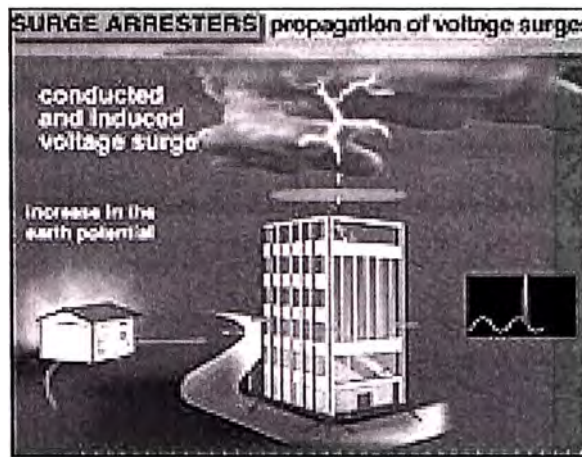


Fig. 2.5 : Gradientes Transitorios debidos al potencial del suelo

#### b.- Sobretensiones de maniobra:

Son las más habituales y están causadas, principalmente, por conmutaciones de potencia en las líneas de red, accionamiento de motores, dispositivos de mando, etc. No son muy elevadas, de manera que produce un mal funcionamiento y un envejecimiento prematuro

#### c.- Sobretensiones debidas a cargas electrostáticas:

Se producen en un medio seco donde se dan procesos de fricción sólida, líquida o gaseosa; las cargas se acumulan creando un campo electrostático elevado. Estas sobretensiones son especialmente peligrosas para los equipos electrónicos.

En la Tabla N° 2.2, se muestra la tabla de sostenimiento a los impulsos (onda 8/20) de los materiales a proteger en redes trifásicas con 230/440V, según la norma CEI 60364-4.

Tabla N° 2.2 : Resistencia a los Impulsos según norma CEI 60364-4

Categoría de tensión soportada a los impulsos	Categoría I Reducida	Categoría II Normal	Categoría III Elevada	Categoría IV Muy Elevada
Tipo de Receptores	Aparatos de circuitos electrónicos : Televisión, alarma, video, Hi - Fi, telecomunicaciones	Aparatos Electrodomésticos : Lavavajillas, Horno, Refrigerador, Herramientas Portátiles	Aparatos Industriales : Motor, Armario de distribución, tomas de corriente, transformadores	Aparatos Industriales : Contador Eléctrico, medida a distancia
Tensión Soportada a los Impulsos (Uimpulso)	1.5 Kv	2.5 Kv	4 Kv	6 Kv

## A) Criterios a tener en cuenta para la selección y diseños de TVSS's

Para seleccionar y diseñar un TVSS, debemos tener en cuenta la siguiente:

- Aplicación (por ejemplo montaje, tipos de red, temperatura).
- Comportamiento en caso de actuación (por ejemplo capacidad de derivación de la corriente de rayo, capacidad de apagado, nivel de protección, tiempo de respuesta).
- Comportamiento en servicio (por ejemplo Corriente nominal, atenuación, resistencia de aislamiento).
- Comportamiento en caso de avería o de fallo (por ejemplo fusibles previos, dispositivo de separación, fail safe).

Así mismo, debe tenerse en cuenta:

- **Facilidad de Mantenimiento:** Los limitadores de sobretensiones transitorias desenchufables adoptan las últimas tecnologías en la protección de instalaciones ante fenómenos atmosféricos de caída de rayos o conmutaciones bruscas en la red. El ser desenchufables permite el cambio del cartucho de una fase o del neutro en caso de deterioro sin necesidad de descablear.

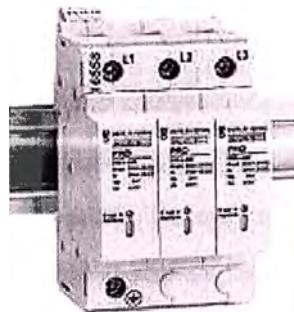


Fig. 2.6 : TVSS

- **Optimización de la Protección:** La utilización de manera combinada de los varistores y de los descargadores de gas permite obtener una tensión residual pequeña, pero con un fuerte poder de disipación y una corriente de fuga despreciable.
- **Máxima protección:** Los limitadores deben realizar al mismo tiempo una protección ante una sobretensión transitoria entre fase-neutro, fase-fase (modo diferencial) y entre fase/tierra, neutro/tierra (modo común). Además, deben soportar corrientes de descarga máximas que fluctúen desde los 8 hasta los 65kA para una onda normalizada de 8/20ms. En el caso de protecciones de cabecera es

necesario que posean un contacto de indicación remota cuando el cartucho está dañado.

## **B) Datos técnicos de los aparatos de protección**

- ***Tensión nominal  $U_N$ .***

Esta tensión corresponde a la tensión nominal del sistema que se desea proteger. El dato referente a la tensión nominal, sirve con frecuencia en los aparatos de protección para instalaciones informáticas; en caso de tensión alterna se expresa como valor efectivo.

- ***Tensión máxima de servicio  $UC$ .***

La tensión de dimensionado del descargador UC (tensión de servicio máxima admisible) es el valor efectivo de la tensión máxima que, por circunstancias de servicio puede aplicarse al aparato de protección contra sobretensiones. Es aquella tensión máxima que se aplica al descargador en situación definida, no conductora y que después de haberse activado el descargador garantice la reposición de dicha situación.

El valor de UC depende de la tensión nominal del sistema que se pretende proteger, así como de las disposiciones de las normas de construcción correspondientes (E DIN VDE 0100-534/A1:1996-10).

- ***Corriente nominal  $I_n$***

La corriente nominal es la corriente de servicio máxima admisible que puede ser conducida de manera permanente a través de las bornas de conexión señalizadas para ello

- ***Corriente nominal de descarga  $i_{sn}$ .***

El valor cresta de una corriente de choque de la forma 8/20  $\mu s$ , para la que está dimensionado el aparato de protección contra sobretensiones, de acuerdo con un programa de prueba previamente fijado.

- ***Corriente máxima de descarga  $I_{max}$ .***

Es el valor máximo de cresta de la corriente de choque 8/20  $\mu s$  que el aparato puede derivar de forma totalmente segura.

- ***Corriente de choque de rayo  $I_{imp}$ .***

La corriente de choque de rayo es una curva de corriente de choque estandarizada con la forma de onda 10/350  $\mu s$ . Esta corriente con sus parámetros (valor cresta,

carga, energía específica) reproduce los esfuerzos de carga propios de las corrientes naturales de rayo.

Los descargadores de corriente de rayo tienen que ser capaces de derivar repetidas veces estas corrientes de choque de rayo sin resultar destruidos.

- ***Corriente de choque de derivación total.***

Este valor es equivalente a la capacidad total de carga de derivación de choque que son capaces de soportar varios aparatos multipolares de protección contra sobretensiones, así como las combinaciones de aparatos de protección realizadas a base de elementos unipolares.

- ***Nivel de protección Up.***

El nivel de protección de un aparato es el valor momentáneo más alto de la tensión existente después del descargador de sobretensiones. Este valor está fijado por las siguientes pruebas individuales estandarizadas:

- Tensión de respuesta de choque de rayo 1,2/50  $\mu$ s (100%).
- Tensión de respuesta con una pendiente de 1 kV/ $\mu$ s.
- Tensión residual con corriente de choque de derivación nominal.

El nivel de protección es un factor que caracteriza la capacidad de un aparato de protección contra sobretensiones para limitar sobretensiones a un nivel residual. El nivel de protección determina el lugar de emplazamiento del aparato de protección en redes de energía en cuanto a la categoría de sobretensiones según DIN VDE 0110-1:1997-04. En los aparatos de protección contra sobretensiones destinados a instalarse en redes de datos, el nivel de protección debe adaptarse a la resistencia frente a perturbaciones de los aparatos y equipos que se pretende proteger (DIN EN 61000-4-5:2001-12).

- ***Capacidad de desconexión, capacidad de apagado de corrientes consecutivas If.***

La capacidad de desconexión es el valor efectivo exento de influencias de la corriente consecutiva de red que puede ser apagado (anulado) automáticamente por el aparato de protección contra sobretensiones estando aplicada la tensión de dimensionado del descargador UC.

- ***Resistencia a cortocircuitos.***

Valor de la corriente de cortocircuito prospectiva, con frecuencia de trabajo, que puede ser soportada por el aparato de protección contra sobretensiones estando debidamente conectados los fusibles previos exigidos.

- ***Protección contra sobrecorrientes en el lado de la red/Fusibles previos.***

Un dispositivo de protección contra sobrecorrientes (p. ej. fusibles previos o interruptor de potencia), instalado fuera del descargador en el lado de alimentación de la red, tiene como cometido interrumpir la corriente de cortocircuito con frecuencia de red, en el supuesto de sobrepasarse la capacidad de desconexión del aparato de protección contra sobretensiones.

- ***Choque combinado UOC.***

El choque combinado es generado por un generador híbrido (1,2/50  $\mu$ s, 8/20  $\mu$ s) con una impedancia ficticia de 2 ohm. La tensión de marcha en vacío de este generador se denomina UOC.

- ***Descargador de N-PE.***

Aparatos de protección previstos exclusivamente para instalación entre el conductor neutro N y el conductor de protección PE.

- ***Margen de temperatura de trabajo .***

El margen de temperatura de servicio (margen de temperatura nominal) expresa el margen de temperatura en el que pueden funcionar los aparatos de protección.

- ***Tiempo de respuesta  $t_a$ .***

El tiempo de respuesta es una magnitud que caracteriza, fundamentalmente, el comportamiento de respuesta de cada uno de los elementos de protección que están montados en un descargador.

Dependiendo de la pendiente  $du/dt$  de la tensión de choque, o de la pendiente  $di/dt$  de la corriente de choque, los tiempos de respuesta de los descargadores de sobretensiones pueden oscilar, dentro de determinados límites.

- ***Dispositivo térmico de separación.***

Todos los aparatos de protección contra sobretensiones destinados a montaje en la red de energía y que están equipados con resistencias dependientes de la tensión (varistores) llevan integrado un dispositivo de separación que desconecta de la red al aparato de protección en caso de sobrecarga y que señala esta circunstancia de servicio.

El dispositivo de separación se activa y reacciona frente «al calor de la corriente» que es generado por un varistor sobrecargado, y que cuando se ha sobrepasado determinada temperatura, separa de la red al aparato de protección contrasobretensiones.

El dispositivo de separación debe separar de la red al aparato con el tiempo suficiente, para evitar totalmente el riesgo de incendio. El dispositivo de separación no tiene el cometido de garantizar la medida de protección «protección en caso de contacto indirecto». La función de este dispositivo térmico de separación se comprueba mediante una sobrecarga/envejecimiento simulados de los descargadores.

- ***Clase de protección.***

La clase de protección IP se corresponde con la clasificación de las clases de protección según DIN EN 60529 (VDE 0470, parte 1).

- ***Circuito de protección.***

Los circuitos de protección son dispositivos de protección de varias etapas en cascada. Las diferentes etapas de protección pueden estar constituidas por vías de descarga, varistores, elementos semiconductores. La coordinación energética de las distintas etapas de protección se realiza con ayuda de elementos de desacoplo.

- ***Velocidad de transmisión de datos  $V_s$ .***

Este factor indica el número de Bits que pueden transmitirse en un segundo; unidad de medida: Bit/s. Este dato es la referencia a la hora de seleccionar un aparato de protección contra sobretensiones para equipos, redes y sistemas de transmisión de datos.

La velocidad real de transmisión de datos posible en cada caso para los aparatos de protección contra sobretensiones no puede expresarse con exactitud, ya que esta velocidad depende también del modo de transmisión utilizado. La relación existente entre la velocidad de transmisión de datos y la frecuencia límite en un sistema con característica de filtro paso bajo se expresa teóricamente en telecomunicaciones con la ecuación:  $V_s = 2 f_G$ ; en la práctica p. ej. se supone  $V_s = 1,25 f_G$ .

- ***Frecuencia límite  $f_G$  (frecuencia crítica).***

La frecuencia límite describe el comportamiento de un descargador en dependencia de la frecuencia. Como frecuencia límite se considera aquella frecuencia que, bajo determinadas condiciones de prueba, da lugar a una atenuación de intercalación ( $a_E$ )

de 3 dB (Ver EN 61643-21:2000). Si no se indica expresamente otra cosa, el dato de frecuencia se refiere siempre a un sistema de 50 ohm.

- ***Atenuación de reflujos aR (pérdidas de retorno).***

La atenuación de reflujos, en aplicaciones de alta frecuencia, indica cuanta proporción de ondas «adelantadas» son reflejadas por el aparato de protección (Punto de choque).

Este factor indica en que medida se adapta un aparato de protección a la resistencia de ondas del sistema.

- ***Atenuación de intercalación aE.***

A una determinada frecuencia, la atenuación de intercalación de un aparato de protección contra sobretensiones viene dada por la relación existente entre los valores de tensión en el lugar de la instalación antes y después de intercalar el aparato de protección contra sobretensiones.

Si no se indica otra cosa, los datos se refieren siempre a un sistema de 50 ohm.

- ***Corriente conductor de protección IPE.***

Es la corriente que circula por el conductor de conexión entre el descargador y el PE, cuando aquél está conectado según las instrucciones y sin carga de consumidores a la tensión máx. UC permitida.

### **C) ANSI/IEEE C62.41**

Este documento describe un entorno de sobretensión típico, con base en los factores siguientes:

- Ubicación dentro de una instalación
- Impedancia de línea de suministro de energía eléctrica al transitorio
- Longitud total de alambre
- Proximidad
- Tipo de cargas eléctricas
- Calidad de alambrado
- Ubicación geográfica

No especifica una prueba de desempeño sino que incluye formas de onda estandarizadas para su uso para probar un equipo de protección, las cuales son similares a un rayo donde el tiempo de elevación de esta onda de corriente es de 8 microsegundos.



La amplitud y energía disponible de las formas de onda estándares dependen de la ubicación en una instalación. Por ejemplo, el estándar clasifica las ubicaciones en tres categorías (Fig. 2.7):

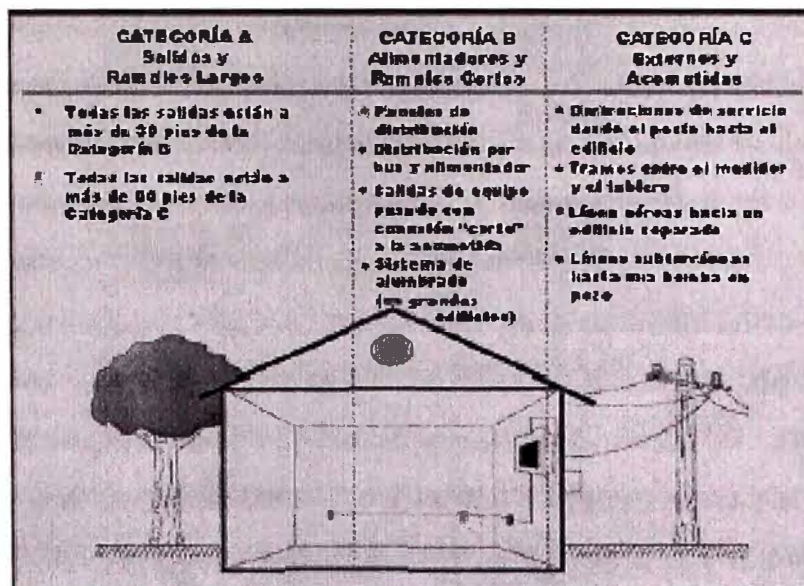


Fig. 2.7 : Categorías A, B y C de ubicación

Las formas de onda de los transitorios, los observamos en la Fig. 2.8

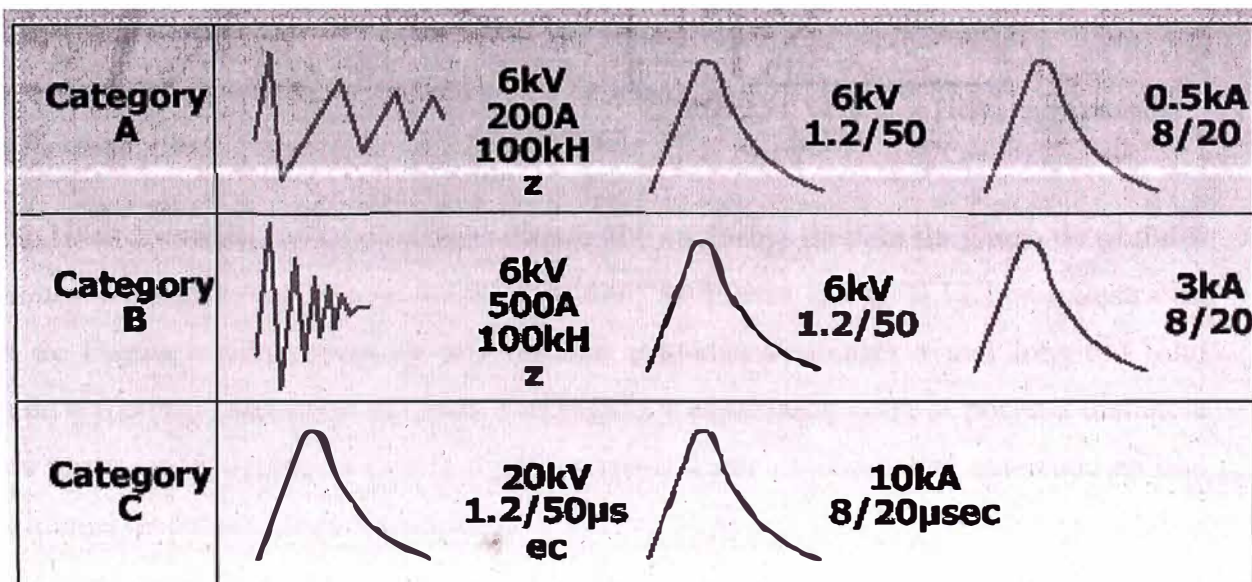


Fig. 2.8 : Formas de Onda

### 2.1.5 Puesta a Tierra.

Deben drenar al suelo (Fig. 2.9) la corriente de descarga atmosférica sin provocar sobretensiones peligrosas. Aunque se recomienda un valor bajo de resistencia, la disposición y dimensiones de los electrodos son más importantes para el control de los potenciales en el suelo y las diferencias de potencial en el armado de puesta a tierra.



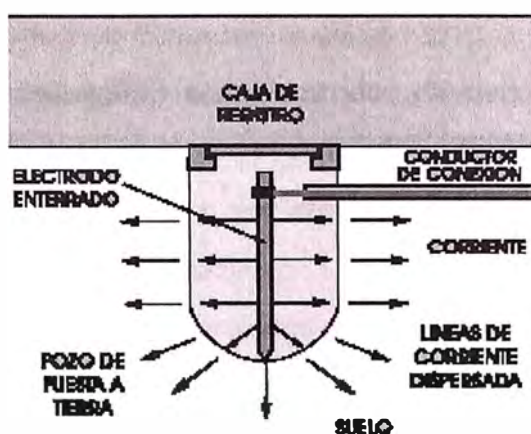


Fig. 2.9 : Dispersión de Corriente en el suelo

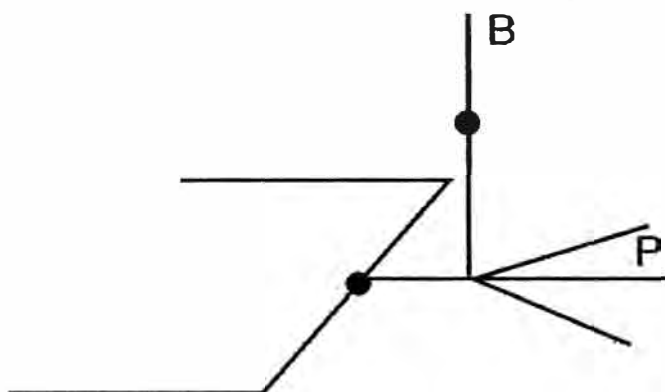


Fig. 2.10 : Puesta a Tierra tipo Pata de Ganso

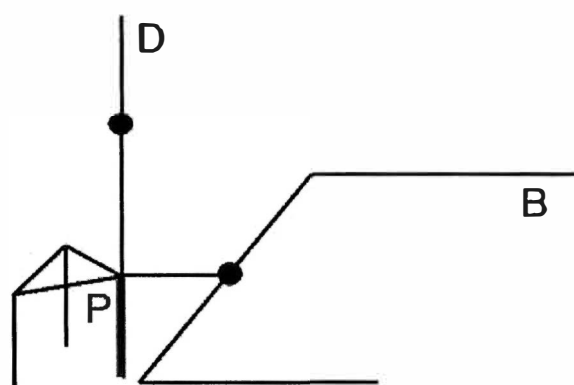


Fig. 2.11. : Puesta a Tierra tipo Triángulo

La Fig. 2.10 es formada por conductores dispuestos en forma de pata de ganso de grandes dimensiones y a menos de 50 cm. de profundidad; asimismo la Fig. 2.11 nos muestra un Sistema de Puesta a tierra formada por muchas piquetas verticales a una longitud total mínima de 6 metros (dispuestas en línea o triángulo y espaciadas entre sí por una distancia al menos igual a su longitud enterrada o unidas entre sí por un conductor enterrado en una zanja al menos de 50 cm. de profundidad).

Los cimientos son una toma de tierra eficaz, pero el planteo de aprovecharlos debe ser previo a la construcción, se comparte información de tipo de suelo, de sus características, resistividad en particular, y se debe dialogar con los proyectistas de la estructura.

El sistema del acero estructural de un edificio se debe unir al conductor de tierra del sistema de suministro de C.A. (acometida) en la entrada del servicio, así como al sistema de conductores de tierra de equipos y al sistema principal de las tuberías (metálicas) de

agua. El acero estructural del edificio se debe conectar a tierra por uno, o más de uno, de los medios siguientes:

- 1.- Por un sistema construido con electrodos de tierra y puentes de conexión y unión.
- 2.- Por el enterramiento directo o por electrodos del acero estructural del edificio embebidos en los cimientos de éste.
- 3.- Por un sistema en anillo de electrodos de tierra enterrados y puentes de conexión y unión a tierra.

El sistema de puesta a tierra de protección contra el rayo también puede ofrecer protección de instalaciones eléctricas de baja tensión y salas de comunicaciones, se considera hoy que la mejor solución es un único sistema integrado en la estructura y previsto a todos los fines. Los cimientos de las fundaciones son un electrodo de tierra natural que se complementa con conductores anulares, radiales y verticales (o inclinados).

El objetivo principal de los sistemas de puesta a tierra es el de garantizar la protección del personal durante fallas eléctricas, aunque también sirven como medio de disipación de corrientes dentro de la tierra de tal forma que no excedan los límites operativos de los equipos.

#### **2.1.6 Jaula de Faraday.**

Una sala que alberga un equipo electrónico sensible de resonancia magnética debe estar aislada de toda interferencia electromagnética para entregar imágenes, esto significa que debe existir un blindaje que impida que las ondas de radio frecuencia entren a la sala y que además las ondas producidas por el equipo no salgan al exterior. Esto se logra instalando un blindaje metálico sobre las paredes, techo y piso, llamado Jaula de Faraday.

La jaula está compuesta por un revestimiento con un material conductor eléctrico como cobre y cuenta además con dispositivos especiales para puertas, ductos de aire, cañerías y circuitería eléctrica, la Jaula de Faraday debe ser construida con anterioridad a la instalación del equipo de resonancia magnética.

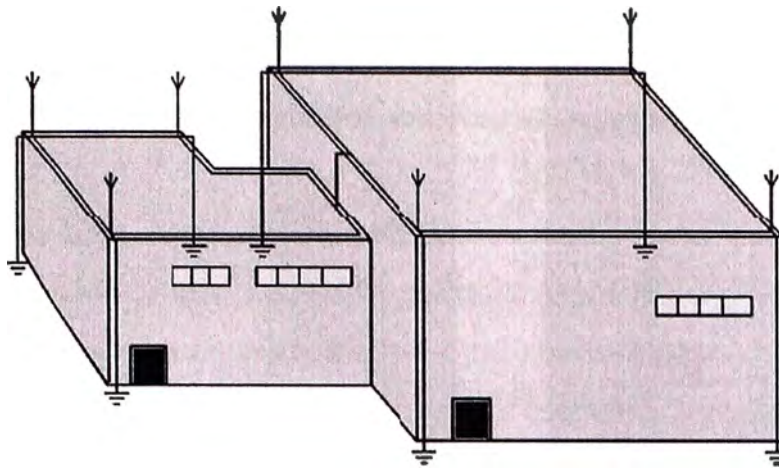


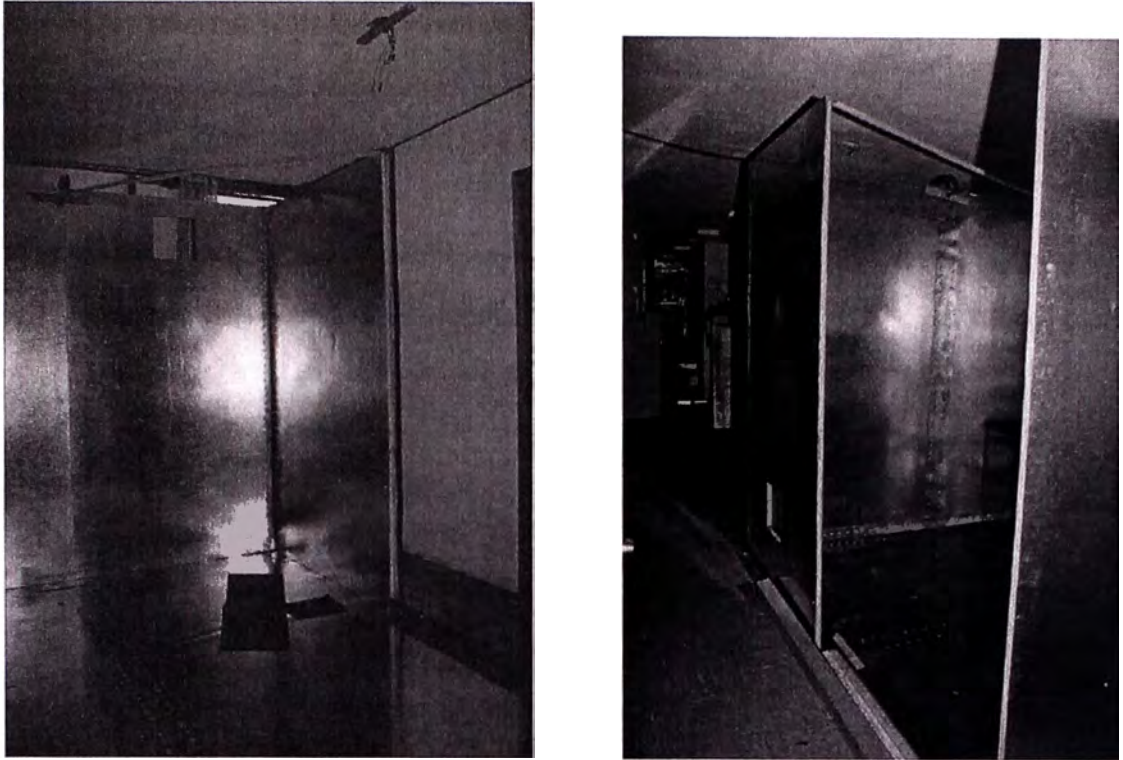
Fig. 2.12 : Jaula de Faraday

Las características principales que deben cuidarse en la construcción de una jaula de Faraday son:

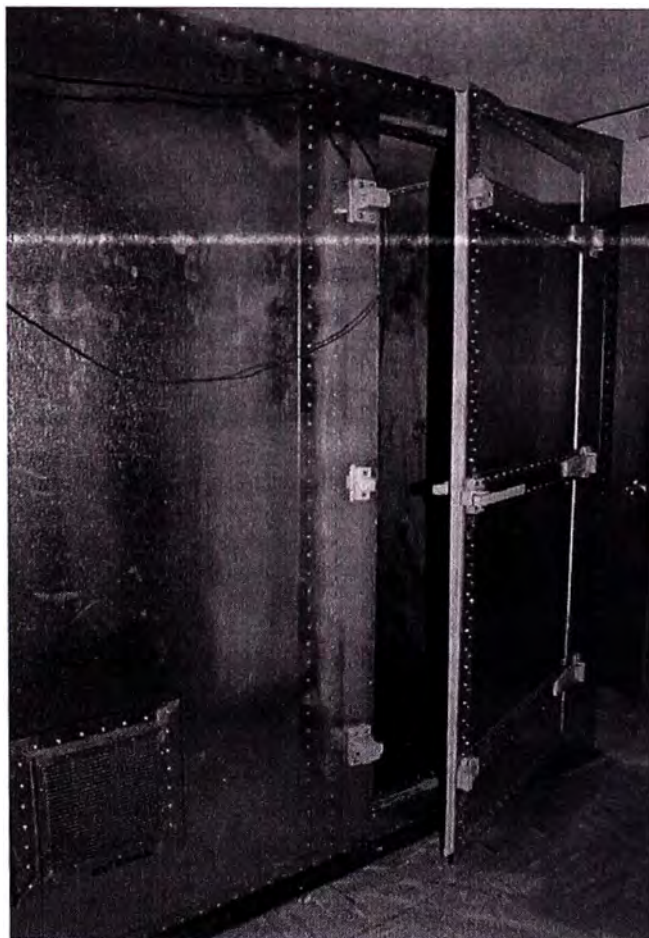
- La atenuación, en su valor mínimo garantizado.
- La gama de frecuencia protegida.
- El tipo de interferencias que debe blindarse
- Ventilación adaptabilidad para hacer modificaciones,
- Tipo de entrada y alambrado.

En caso de ser necesario una gran atenuación, el blindaje puede constar de varias paredes que formen casquetes concéntricos aislados entre si. Como se están considerando campos magnéticos de muy alta frecuencia y microondas, se utilizara lámina sólida perforada de acero fija sobre un marco de madera.

**A) Construcción de la jaula de Faraday.-** Se realizara de manera que el blindaje interior y el exterior se conecten en un solo punto; a fin de reducir los efectos de antena debido a las penetraciones de elementos metálicos como grapas clavos, etc., para la fijación de las laminas en el bastidor de madera se procura evitarlas y si es preciso se aplica soldadura para que formen una sola pieza con el blindaje o bien la utilización de clavos de plástico de diámetro inferior a la abertura normal de la malla.

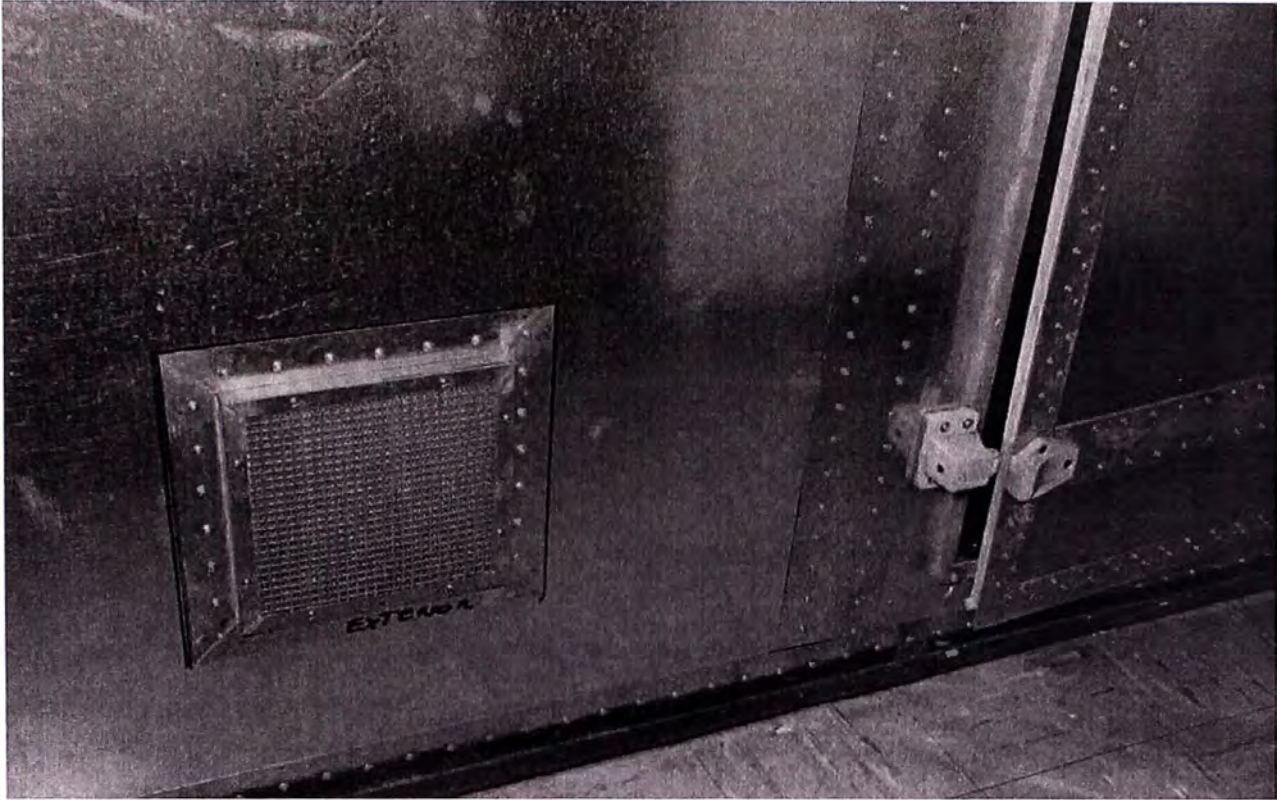


**Fig. 2.13 :** Tapas Laterales (durante el proceso constructivo)



**Fig. 2.14 :** Jaula de Faraday terminada





**Fig. 2.15 :** Jaula de Faraday terminada (chapas de la puerta del tipo plástica)

Para evitar los efectos de inducción de campo magnético por la penetración del blindaje por partes metálicas ya sea del interior al exterior o viceversa, se utilizarán filtros en las entradas de todo alambre que penetre, incluyendo tierras, y de preferencia se localizan cerca del punto de conexión entre el blindaje interior y exterior. Se acostumbra emplear un transformador de aislamiento antes del filtro para tener la alimentación desconectada de la tierra y evitar accidentes a personas en el interior de la jaula; también se recomienda que se instalen entradas herméticas de doble puerta para mantener el blindaje todo el tiempo.

### **2.1.7 Pararrayos.**

El relámpago es el paso de la carga eléctrica, positiva o negativa, de una región de una nube a otra, y que el rayo es el tránsito de nube a tierra o viceversa. Para que esta descarga ocurra, la nube debe hallarse electrizada, o sea las cargas positivas deben de estar separadas de las cargas negativas.



Fig. 2.16 : Terminales de Pararrayos en Instalaciones Terrestres

Como se explico en el Cap. I, el sistema de protección puede ser externo e interno; el sistema externo esta formado por:

#### A) Dispositivo captor

Está formado por una combinación de varillas con puntas, conductores tendidos, mallas, o componentes naturales de la estructura (techo metálico). El captor debe estar en los lugares donde cumple la función de tal.

El método para encontrar las zonas de la estructura donde deben encontrarse los captores utiliza una esfera rodante (Fig. 2.17).

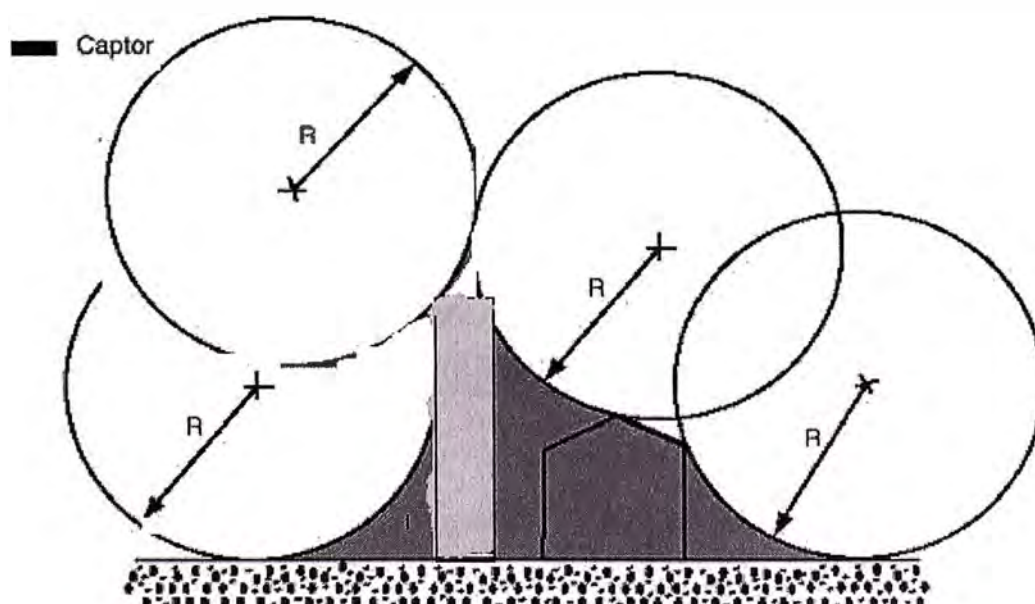


Fig. 2.17

Imagínese el modelo de las estructuras realizadas con cajas (paralelepípedos y cilindros) y una esfera (de radio dado) que sombrea las superficies sobre las que apoya, se hace rodar la esfera sobre el suelo, y sobre todas las estructuras, parte quede sombreada y parte queda sin sombrear.

La superficie sombreada es aquella que no puede ser alcanzada por un rayo, las partes de estructura sombreadas son aquellas donde deben estar los captores, las partes sin sombrear son áreas no protegidas (por los captores de las zonas pintadas).

El radio de la esfera se calcula con la siguiente relación:

$$R = 6.7(I_R)^{0.8} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde :  $I_R$  se considera entre 2 y 3 KA

Otro método obsoleto para verificar el área protegida, aplicable especialmente a captores de varilla vertical, o cable tendido horizontal, consiste en determinar el área protegida con un cierto ángulo de protección, cuyo valor depende del nivel de protección a alcanzar (Fig. 2.18). No se aconseja su uso, sólo se le menciona para que en caso de ser hallado en las instalaciones, se le corrija.

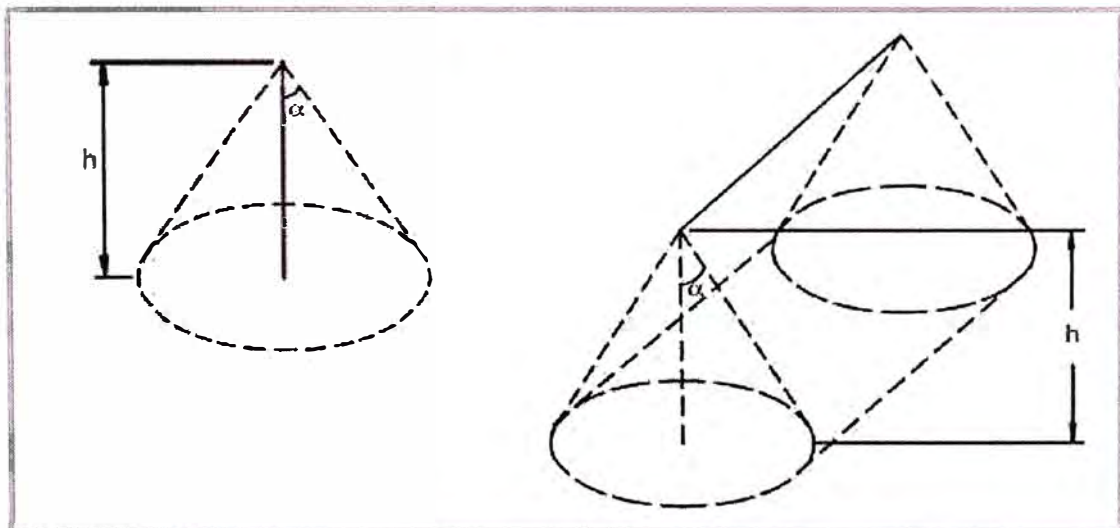


Fig. 2.18

Cuando el captor se hace con cable de guarda, el área protegida se define debajo de las mallas, y lateralmente con la esfera rodante, máximo con el supuesto ángulo de protección (Fig. 2.19).

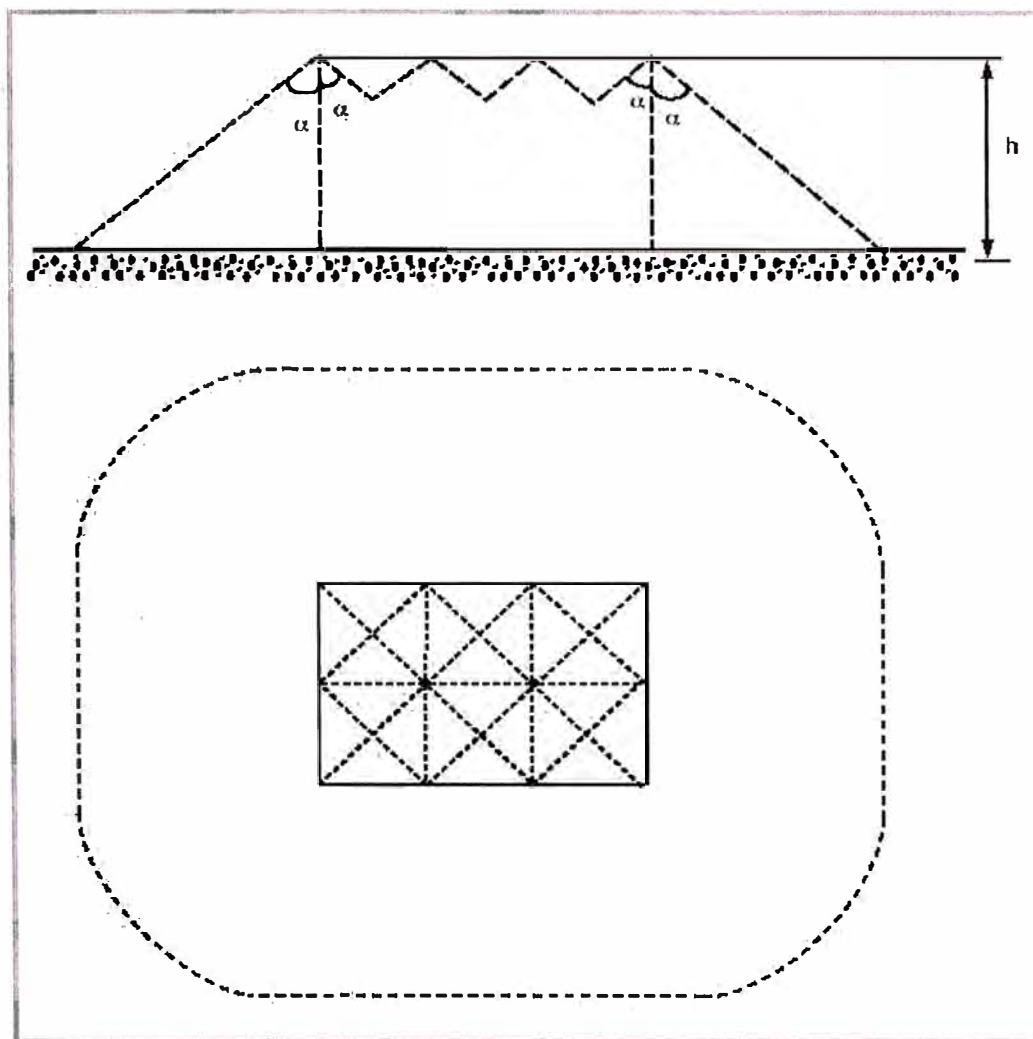


Fig. 2.19

Entre el captor y un objeto metálico que se quiere proteger debe haber cierta distancia, que debe ser mayor que la llamada distancia de seguridad.

### B) Conductores de bajada

Se deben disponer para que se presenten varias trayectorias en paralelo entre el punto de impacto y la tierra, además la longitud de las trayectorias debe reducirse al mínimo, es lógico que las bajadas sean prolongación del captor.

Cada pararrayos tendrá al menos una bajante (Fig. 2.20), excepto en los siguientes casos que serán necesarias dos:

- Estructuras de altura superior a 28 m.
- La proyección horizontal es superior a la proyección vertical.



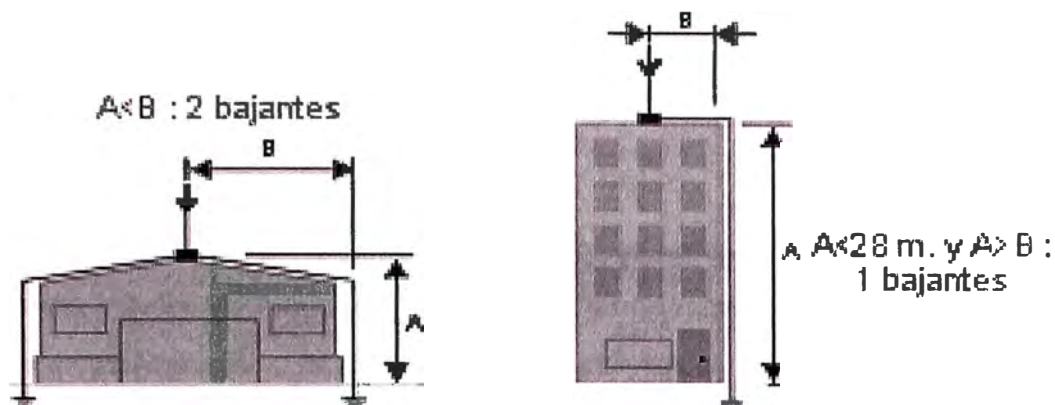


Fig. 2.20

El tendido del cable deberá de ser lo más rectilíneo posible utilizando el camino más corto, evitando acodamientos bruscos o remotes. Los radios de cobertura no serán inferiores a 20 cm y el bajante debe ser elegido de forma que evite el cruce o proximidad de líneas eléctricas o de señal. Cuando no sea posible evitar el cruce, la línea debe ubicarse en el interior de un blindaje metálico que se prolongue 1m. a cada parte del cruce, se debe evitar el contorno de cornisas o elevaciones.

Si el captor es de conductores horizontales es necesaria al menos una bajada en cada extremo, si es una red de mallas, al menos una bajada por cada estructura de apoyo.

Las bajadas se deben repartir a lo largo del perímetro de manera de tener una separación media (10 a 25 metros, según el nivel de protección mayor - menor), y al menos dos bajadas en los ángulos de la estructura. Las bajadas se deben interconectar horizontalmente cerca del suelo, y en edificios altos cada 20 metros de altura.

Si la pared es de material no combustible se pueden fijar a ella, o empotrar, si el material es inflamable y el calentamiento de la bajada puede acarrear peligro se considera que 0.1 m de separación es suficiente para brindar seguridad. Las bajadas deben estar alejadas de puertas y ventanas, su trayecto debe ser el más corto posible a tierra y se debe evitar la formación de bucles.

Son bajadas naturales instalaciones metálicas y armaduras metálicas, si se trata de hormigón hay que tener cuidado con las solicitaciones debidas a la corriente de descarga, y la conexión del sistema de protección (para ser consideradas conductores las barras del

hormigón en un 50% deben ser interconectadas con barras soldadas o unidas en forma segura - solapadas 20 veces el diámetro)

### **C) Sistema de puesta a tierra**

El NEC establece como máxima impedancia a tierra un valor de 25 ohm. Para la industria de computadoras y la de telecomunicaciones se les exige rebasar los requisitos del código; incluso se exige un valor de 5 ohm o menor. En el caso de áreas con alta incidencia de rayos se recomienda una resistencia del sistema de tierra de 1 ohm. o menor.

La resistencia del suelo varía en diferentes regiones de acuerdo a su composición; en áreas donde la tierra es de arcilla húmeda o arenosa, es necesario tomar las medidas necesarias para establecer una baja resistencia a tierra.

***La correcta integración de estas partes brinda la buena protección externa***

## **CAPÍTULO III REQUERIMIENTOS DE LA OPERACIÓN**

Los circuitos electrónicos tanto analógicos como digitales, son sensibles tanto a las interferencias de su banda de paso como a las Interferencias de Radiofrecuencias (RF) que están fuera de ésta.

Las interferencias electromagnéticas se deben al acoplamiento de campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, con lo cual un método para obtener protección frente éstos acoplamientos es la utilización de blindajes o pantallas metálicas. Un blindaje es una superficie metálica ubicada entre dos regiones del espacio que se utiliza para atenuar la propagación de los campos anteriormente descritos; no sólo para impedir la salida del flujo de los campos de la zona que encierra, sino también para evitar que una zona protegida por él entre al campo

Un blindaje electrostático contra campos eléctricos debe conectarse a un potencial constante o a la tierra del sistema y debe tener alta conductividad y un blindaje magnético debe encerrar totalmente los componentes que protege y debe tener alta permeabilidad magnética.

### **3.1 Campos Magnéticos**

Los Campos magnéticos pueden dirigirse alrededor de los circuitos si se usan materiales magnéticos en formas de blindaje hecho de acero y materiales ferrosos. El blindaje a través de corrientes inducidas y propiedades magnéticas no depende de una conexión a tierra, pero se conecta a tierra para formar los lazos necesarios y evitar el peligro de una descarga eléctrica desde las masa y simultáneamente aprovechar las propiedades electrostáticas del blindaje del material seleccionado.

### 3.2 Campos Electromagnéticos

En un punto cercano a la fuente del campo, las propiedades del mismo las determinan principalmente las características de la fuente; lejos de ésta, las propiedades las define sobre todo el medio de propagación. Por lo tanto, es posible dividir el espacio en dos regiones en función de la distancia entre la fuente del campo y el punto de la observación.

#### 3.2.1 Blindajes contra acoplamiento Capacitivo (Campo Eléctrico)

Un blindaje capacitivo (electrostático) contra campos eléctricos debe conectarse a un potencial constante o tierra del sistema y tener alta conductividad. Es preciso tener en cuenta que un blindaje mal conectado a tierra puede actuar como antena retransmisora de las radiaciones recibidas por conducción a través de la red y puede resultar perjudicial.

El acoplamiento capacitivo lo causa el paso de señales de interferencia a través de capacidades parásitas; el modo de bloquear el acoplamiento capacitivo consiste en encerrar el circuito o el conductor que se quiere proteger dentro de un blindaje metálico y hermético denominado blindaje electrostático o de Faraday. Si su cobertura es el 100% se llama *Jaula de Faraday*.

#### 3.2.2 Blindajes contra acoplamiento Inductivo (Campo Magnético)

Un blindaje magnético efectivo debe encerrar totalmente a los componentes que se quiere proteger y debe tener alta permeabilidad magnética. Con este tipo de blindaje es más difícil obtener una buena eficacia en comparación con la eficacia que tenemos al aplicar un blindaje electrostático debido a que es más fácil tener alta conductividad en un blindaje eléctrico que alta permeabilidad y conductividad simultánea en un blindaje magnético.

Es necesario tener en cuenta dos aspectos para proteger a un circuito de este acoplamiento:

- Uno es el intento de minimizar los campos perjudiciales en la misma fuente que los genera, lo cual se consigue reduciendo el área de los lazos de corriente o blindando magnéticamente el circuito con materiales de alta permeabilidad (conocidos como materiales blandos como el hierro).
- El segundo es reducir la captación inductiva en el circuito interferido minimizando el área de sus lazos, ya que según la ley de Lenz el voltaje inducido en un bucle es proporcional a su área.

Ambos aspectos implican la reducción de área.

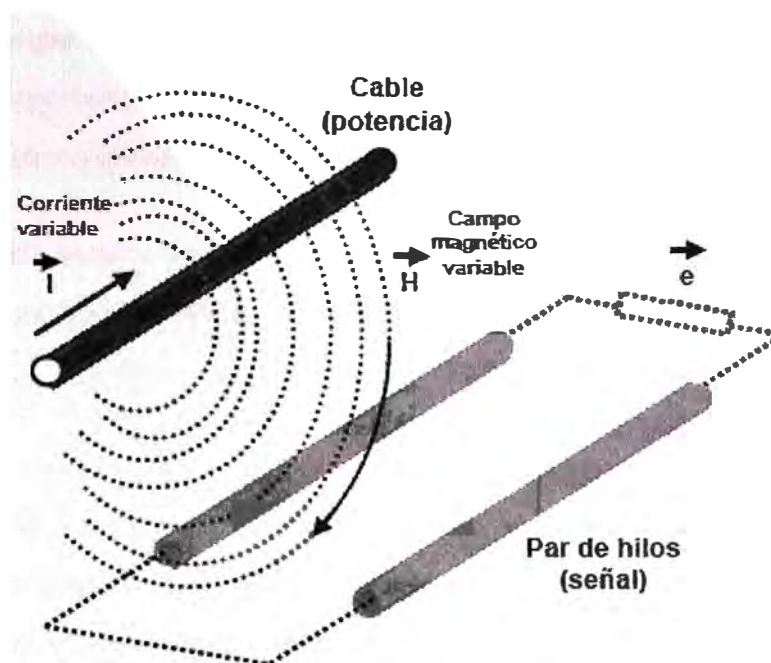


Fig. 3.1: Acoplamiento Inductivo

### 3.2.3 Blindajes contra acoplamiento por Radiofrecuencia

No existe un blindaje perfecto contra campos de alta frecuencia. Al chocar con la superficie del blindaje, una parte de la onda se refleja y el resto atraviesa el blindaje y se atenúa. Un material de alta permeabilidad es un eficaz absorbente.

Es usual blindar los circuitos con un material ferromagnético galvanizado y con cobre dirigido hacia la fuente del campo con el fin de provocar una pérdida sustancial por reflexión; la presencia del material ferromagnético provoca altas pérdidas por absorción.

La forma en que trabaja este blindaje es utilizando el hecho de que los campos EMI inducen corrientes en el material del blindaje. Las corrientes inducidas disipan la energía de dos modos:

- Pérdidas por calor (absorción) en el material
- Pérdidas por radiación (reflexión) al radiar nuevamente sus propios campos sobre el blindaje.

La energía necesaria para ambos mecanismos se absorbe de los campos incidentes EMI y por esto las EMI quedan sin energía para penetrarlos.

### 3.3 Aterramientos de Protección

#### 3.3.1 Aterramientos de cargas estáticas.

La acumulación de cargas estáticas en el equipo o materiales que se están procesando y sobre el personal de operación produce un potencial serio en los lugares en los que se encuentran líquidos o gases inflamables, fibras o desperdicios.

El principal objetivo del control de las cargas estáticas es la protección de la vida humana; el peligro a la vida no es sólo por los incendios y explosiones sino también por los choques eléctricos.

La generación de electricidad estática no se puede prevenir, pero se puede mitigar y controlar dando medios para juntar las cargas que se separan, tan rápidamente como se producen y antes de alcanzar los niveles de chispeo. Los métodos que se usan son:

*a) Aterramiento y protección.*- Muchos problemas de estática se pueden resolver uniendo las diferentes partes del equipo y aterrando el sistema completo. La unión entre dos o más objetos conductores reduce la diferencia de potencial entre los objetos conductores para prevenir la aparición de alguna chispa entre los dos cuerpos.

*b) Control de Humedad.*- A mayor humedad, mayor conductividad. Cuando la humedad relativa es de 30% o menos, los mismos materiales se secan y convierten en buenos aisladores; se comienzan a notar las manifestaciones estáticas y se pueden generar chispas estáticas. Sin embargo, se cree que cuando la humedad relativa se mantiene entre el 60%-70% a temperatura interior ordinaria, las acumulaciones estáticas no alcanzan proporciones peligrosas.

*c) Ionización.*- En éste proceso, las moléculas de aire están sobretensionadas, los electrones se separan de sus moléculas. Los electrones son negativos y las moléculas quedan con cargas positivas. Cuando un cuerpo cargado se pone en contacto con aire ionizado, la carga estática se disipa. La carga se lleva a tierra, a través del aire ionizado, o bien, el cuerpo cargado atrae suficientes iones cargados positiva o negativamente, desde el aire hasta que se neutraliza.

*d) Pisos conductivos.*- Cuando se tienen condiciones extremadamente peligrosas, como en la fabricación de explosivos con vapores inflamables enriquecidos con oxígeno o mezclas de gases susceptibles de ignición estática, se deben colocar pisos conductivos o cubiertas conductivas para prevenir la acumulación de carga estática,

aterrando al personal y a los objetos conductivos, porque el cuerpo humano puede carga estática peligrosa en ambientes secos.

*e) Precauciones especiales.*- Se pueden considerar otros controles como usar ropa que produzca estática baja, establecer procedimientos rígidos de operación, uso de tapetes conductivos de hule en lugares donde no hay piso conductivo.

### **3.3.2 Aterramientos de protección contra rayos**

La denominación "Puesta a tierra", comprende toda la ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificio y superficie próxima al terreno, no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falla o de descarga de origen atmosférico.

La circulación de la corriente de rayo por la bajante del sistema de protección exterior contra el rayo, origina la aparición de diferencias de potencial entre éste y las masas metálicas o elementos conductores conectados a tierra que existen próximos. Esto se origina por inducción electromagnética en el bucle abierto que constituyen ambos elementos o estructuras, existiendo por tanto posibilidad de formarse una chispa peligrosa entre ambos extremos.

La equipotencialidad de todos los sistemas de la instalación (transitoria o permanente), en los que se puede originar estas diferencias de potencial, constituye el medio más importante para reducir los peligros de incendios, explosión, riesgo de muerte y daños materiales en el espacio a proteger.

No obstante la equipotencialidad en ciertos casos y condiciones no es llevada a cabo: Función de la distancia de seguridad, estructuras inflamables o explosivas, aislamiento de las masas conductoras con respecto a tierra, etc.

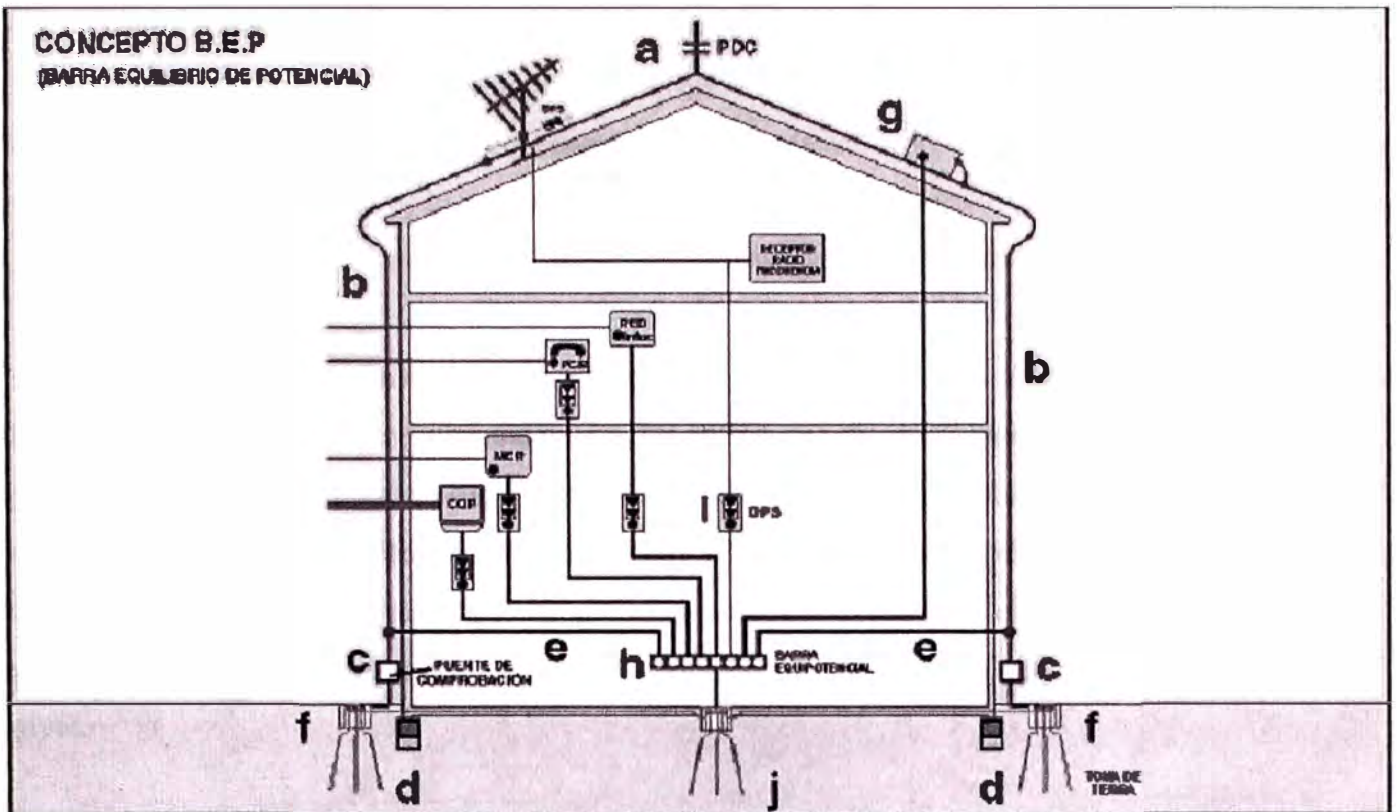


Fig. 3.2: Aterramiento de Protección contra rayos

Donde:

CGP : Cuadro General de Protección.

MCR : Sistemas de control y regulación.

PCR : Punto reconexión de red o acceso básico telefónico.

DPS : Dispositivos de protección contra sobrevoltajes.

PDC : Pararrayos con Dispositivos de Cebado.

RED : Red interna eléctrica.

También:

(a) Uno o más PDC (Pararrayos con dispositivo de cebado)

(b) Uno o más conductores de bajada

(c) Una junta de control por conductor de bajada

(d) Una toma de tierra por conductor de bajada

(e) Una o más uniones equipotenciales entre las tomas de tierra

La instalación interior se compone de:

(f) Una o más conexiones equipotenciales



- (g) Conductor de protección o equipotencialidad
- (h) Una o más barras de equipotencialidad
- (i) Uno o más protectores contra sobretensiones
- (j) Puesta a tierra

### **3.4 Sistema de Tierras Para Señales Electromagnéticas y Cargas Estáticas.**

El principio utilizado para este sistema es el de una jaula de Faraday, que es en pocas palabras un cuarto blindado contra interferencias de radiofrecuencias. Esta jaula aísla al receptor de las fuentes radiacionales y permite observar con precisión su funcionamiento con señales débiles calibradas que se generan cuidadosamente en el interior de la jaula, teniendo así un medio libre de interferencia en el cual es posible efectuar medidas a bajo nivel.

Para el blindaje de campos magnéticos, el material debe tener propiedades ferromagnéticas, el hecho que exista una conexión de la jaula a una tierra directa no tiene el menor efecto sobre las propiedades de un blindaje.

### **3.5 Criterios de cableados de Puesta a Tierra para equipos sensibles.**

Parte de los problemas de desempeño que se presentan en una instalación son causados por fuentes de radiación de alta frecuencia o por radio emisiones de componentes de equipos electrónicos. La perturbación puede acoplarse por los cables de conexión, los cuales funcionan como una antena efectiva; esto es válido cuando la longitud del equipo más el cable resulta relativamente grande comparado con la longitud de onda de la señal de perturbación.

Una técnica de supresión consiste en apantallar los cables sujetos a tal exposición, la eficiencia de la pantalla se mide por la intensidad de campo, la absorción y por las características de reflexión de la pantalla. Sin embargo, es importante anotar que una pantalla normal (de material no magnético) no protege contra campos de baja frecuencia; en este caso el entorchado de los cables puede ser suficiente.

La forma de la pantalla (cilindro) permite que la corriente de perturbación se desplace longitudinalmente produciendo la adición de una tensión de modo común en los cables internos de señal, en relación con la pantalla.

La conexión de Puesta a Tierra de las pantallas de cables depende de:

- El rango de frecuencia y magnitud de la señal.
- El diseño del equipo electrónico.
- El rango de frecuencia y magnitud de la señal de interferencia de baja frecuencia (por ejem. caídas de tensión en el conductor de tierra).
- El rango de frecuencia y magnitud de la señal de interferencia de alta frecuencia.
- El diseño del sistema, dimensiones físicas, distancia con la fuente de interferencia, calidad de la pantalla etc.

Debido a que las diferencias de potencial en el aterramiento de equipos (o cambios en el potencial) afectan la operación segura de los dispositivos electrónicos, los diseñadores, instaladores y personal de servicio han sido muy específicos en algunos requerimientos especiales para el aterramiento; la mayoría de estas técnicas especiales de aterramiento han evolucionado basadas en pruebas empíricas (ensayo y error) más que sobre el análisis detallado. Algunos de los más creativos arreglos para el aterramiento se idean en función de la reducción del ruido, pero frecuentemente ignoran los principios básicos de electricidad, tales como que la electricidad sigue las trayectorias de impedancia menor, la electricidad fluye en trayectorias cerradas y también que la electricidad fluye debido a que existe diferencia de potencial.

Una técnica de aterramiento especial aplicada en bajo voltaje (en sistemas AC), para reducir interferencia se conoce como aterramiento aislado (IG). IG está permitido en los U.S. por el Código Eléctrico Nacional (NEC) y en el Canadá por el Código Eléctrico Canadiense (CEC). En ambos casos, IG es una excepción a la norma estándar de aterramiento NEC 250-74 y 250-75 que permite aplicar IG donde se requiera reducción de ruido eléctrico sobre el circuito de tierra.

La meta del aterramiento en sistemas electrónicos sensibles debe ser proveer sistemas seguros y que funcionen correctamente. El propósito del aterramiento siempre debe ser el de la seguridad y nunca deberá ser precedido por el del funcionamiento; por lo tanto según la normativa Americana los requerimientos del CEN (código eléctrico nacional NEC) en

cuanto al aterramiento y la seguridad nunca deberán ser comprometidos en aras del funcionamiento.

## **CAPÍTULO IV**

### **PUESTA A TIERRA EN SALAS DE COMUNICACIONES**

Durante los disturbios eléctricos los potenciales pueden variar en diferentes puntos del sistema. Si los equipos de comunicaciones u otros equipos sensibles se conectan en varios puntos a lo largo del sistema de tierra es probable que se presenten diferencias de potencial entre los equipos. Cuando estos voltajes producen un flujo de corriente en los cables de señales y a través de los circuitos digitales sensibles pueden ocurrir daños, por tal motivo es necesario la unión de todos los equipos del sitio en un solo punto para minimizar los potenciales peligrosos.

Todos los sitios de comunicaciones y los equipos electrónicos siempre están relacionados con la tierra por medio del acoplamiento capacitivo, contactos accidentales o conexiones intencionales.

El sistema de tierras de un sitio de Comunicaciones consta de varios subsistemas (interiores y exteriores) aunque las configuraciones exactas varían de sitio en sitio, los componentes de un sistema de tierra generalmente son los mismos y siempre se aplican los principios generales de instalación.

Todos los equipos mecánicos en las áreas con equipos electrónicos deben conectarse con efectividad a tierra por razones de seguridad eléctrica, para la protección contra rayos y para el control de la corriente-ruido. Tales equipos (incluidos la armadura estructural, la carcasa, tuberías, conductos, conductos / canalizaciones eléctricas) deben conectarse a tierra o unirse al acero local de la estructura del edificio utilizando medios directos o de frecuencia alta de unión o conexión a tierra.

Cuando están ubicados en la misma área que los equipos electrónicos sensibles, los equipos mecánicos deben unirse eléctricamente a la misma estructura de referencia de tierra de frecuencia alta que los equipos electrónicos sensibles. Se recomienda que los equipos de calefacción, ventilación, acondicionamiento de aire y los de enfriamiento del

proceso, las tuberías metálicas involucradas y las eléctricas se unan eléctricamente a la estructura local de referencia de señales (ERS) cuando se instalan los equipos electrónicos.

Existe una gran cantidad de guías, estándares y códigos que tratan el tema de la seguridad y la correcta operación de los sistemas de potencia y de los equipos que se conectan a este sistema. Estos documentos están escritos por diversas organizaciones, incluyendo estándares de aplicación voluntaria como los documentos de la IEEE, estándares de seguridad como los del Underwriters Laboratorios (UL), estándares de operación preparados por organizaciones de usuarios, estándares preparados por organizaciones de fabricantes, estándares de regulación emitidos por agencias nacionales e internacionales. A pesar de no haber intención de que existan conflictos entre estos documentos, la gran diversidad de necesidades y de puntos de vista, en el mejor de los casos causa ambigüedades y en el peor de los casos causan conflictos.

#### **4.1 Consideraciones Generales a tener en cuenta**

##### **4.1.1 Sistemas de C.A. conectados sólidamente a tierra**

Los sistemas de C.A. deberán ser conectados sólidamente a tierra cuando hay equipos (cargas) electrónicos sensibles. Todas las partes metálicas de los equipos, como las carcasas, canalizaciones, tuberías, conductores de tierra de equipos y todos los electrodos de tierra deben conectarse conjuntamente en forma sólida en un sistema conductivo eléctricamente continuo.

##### **4.1.2 Sistema en anillo de electrodos de tierra enterrados**

Se recomienda que un objetivo con carga electrónica sensible esté provisto de una tierra enterrada en anillo. Este anillo a tierra debe ser unido (conectado eléctricamente) al sistema del acero estructural del edificio y a cualquier sistema eléctrico o de tuberías que crucen dicho anillo. Tal conexión debe ocurrir siempre al punto más inmediato de la interconexión entre el anillo de tierra y el material que se va a conectar, para limitar la inductancia de la conexión. El anillo de tierra enterrado debe conectarse también a los conductores descendentes del sistema de pararrayos y a los electrodos de tierra de este sistema o cualquier otro que pueda haber en la facilidad.

#### **4.1.3 Conexión a través de la línea interior / exterior de demarcación del edificio y un anillo de tierra enterrado**

Los seis lados de un edificio (que comprenden las cuatro paredes, cimentación y cubierta) conforman generalmente la línea de demarcación para la puesta a tierra y puentes de conexión de todos los elementos metálicos que entran y salen del edificio. Es conveniente a menudo hacer conexiones de baja inductancia al nivel del terreno, desde el anillo de tierra enterrado a los elementos metálicos que entran / abandonan el edificio.

#### **4.1.4 Tuberías / canalizaciones eléctricas y carcasas asociadas**

Con fines de apantallado, todas las tuberías y canalizaciones metálicas en áreas que contienen equipos electrónicos sensibles se deben conectar conjuntamente para formar un conductor eléctricamente continuo, lo mismo si se proporciona con el circuito un conductor de tierra de equipos separado, como si no se proporciona.

#### **4.1.5 Puesta a tierra de fuentes de C.A. derivadas separadamente**

Si se instala un típico transformador seco o una fuente similar de corriente alterna (p.e., devanado inversor, alternador), esta fuente derivada separadamente (secundario del transformador) se debe conectar a tierra mediante el conductor de tierra de equipos y al acero estructural más cercano conectado con efectividad a tierra. Si el acero del edificio conectado en estas condiciones no está disponible, entonces el sistema de C.A. se debe conectar al punto de tierra de la entrada del servicio.

#### **4.1.6 Método IG (Isolated Grounding) de puesta a tierra segregada**

La forma IG de puesta a tierra sólo se usa como un medio posible de obtener una reducción del ruido-eléctrico de modo-común en el circuito en el que se utiliza. No tiene otro propósito y sus efectos son variables. Los resultados del uso del método IG van desde los efectos no observables, los efectos deseados, o condiciones de ruido peores que cuando se usan formas estándares de puesta a tierra sólida en el circuito de los equipos sensibles.

#### **4.1.7 Formas especiales de electrodos de tierra**

No se recomienda el uso de cualquier forma impropia de electrodos de tierra (separado, segregado, aislado, dedicado, limpio, tranquilo, señal, computadora, electrónico u otro) para usarlos como punto de conexión del IG con el EGC; estos esquemas incorrectos IG de puesta a tierra no cumplen los requisitos del Código para una puesta efectiva a tierra. La

necesidad generalmente percibida para un esquema segregado de electrodos de tierra en relación con el método IG no está fundamentado en una buena práctica de ingeniería. Los diseños de electrodos de tierra segregados no tienen medio para la limitación del potencial desarrollado a través de la impedancia interventora en el medio comúnmente compartido de puesta a tierra (o sea, la tierra) cuando una corriente ha de fluir a través de él. Como resultado, el rayo puede crear condiciones de varios miles a decenas de miles de voltios entre dos (o más) de tales electrodos de tierra.

## **4.2 Normas Internacionales**

### **4.2.1 IEEE Std 1100 – 1999 Prácticas recomendadas para energizar y aterrizar equipos electrónicos**

#### **A) Subsistemas de Tierra:**

Para propósitos de seguridad solamente, los sistemas electrónicos deben estar aterrados. Es decir directamente conectados a tierra y a la tierra de equipos como lo requiere el NEC o el NFPA 780-1997 o ambos.

Los sistemas de tierra diseñados para una instalación típica de equipos electrónicos puede conceptualizarse como teniendo cuatro subsistemas funcionales distintos, sólidamente interconectados; éstos son:

- a.- NEC
- b.- SRS
- c.- Subsistema de Protección contra rayos.
- d.- Subsistema de Puesta a Tierra de los protectores contra sobrevoltaje para los circuitos de señal de telecomunicaciones.

Con el fin de evitar los incendios y las electrocuciones, todos estos subsistemas funcionales de tierra deberán eventualmente estar sólidamente interconectados a un Sistema de Electrodos de Tierra común de acuerdo a los requerimientos del NEC o el NFPA 780-1997. De acuerdo al NEC, otros electrodos de tierra pueden estar involucrados en los otros varios subsistemas de tierras (IEEE Std 142-1999), pero estos no deben de estar aislados el uno del otro o del principal electrodo de tierra del inmueble.

Todos los sistemas de tierra anteriormente descritos, deberán hacerse eléctricamente común entre ellos por el uso de uno o más conductores de tierra, de manera que formen un

sistema único de electrodos de tierra interconectados en el inmueble. Si no se hace esta interconexión necesaria, expondrá al equipo y al personal que pueda en forma casual o deliberada a estar conectado entre estos dos sistemas de tierra aislados, a cualquier potencial que pueda desarrollarse entre ellos. Este potencial se debe típicamente a fallas a tierras de un sistema de AC o CC, a rayos o a otras corrientes que producen una caída de voltaje (IR) cuando circulan en el medio común.

#### **B) Subsistemas de Electrodo de Tierra:**

Establece la referencia a tierra del inmueble para propósitos de rayos, fuegos eléctricos y para peligros de electrocución (es decir sólo para propósitos de seguridad). Procesos de transportación de señales y los procesos de señales internos de equipos, no se benefician por éste sistema ni por conexiones a éste, excepto desde el punto de vista de seguridad. Sin embargo, conexiones erróneas de estas partes de un sistema electrónico a un subsistema de electrodos de tierra, produce problemas muy conocidos de seguridad, operación y daños de equipos bajo condiciones de conmutaciones del sistema de potencia, condiciones de fallas a tierra y rayos.

#### **C) Estructura de referencia de señales (SRS):**

La SRS no debe de estar aislado dieléctricamente ni galvánicamente del Sistema de Puesta a Tierra de equipo del sistema eléctrico del inmueble ya que éste es parte del subsistema de tierras para la protección del personal y contra fallas.

### **4.2.2 Estándar Internacional TIA / EIA 607 A: Estándar de requerimiento para uniones y PAT para Salas de Telecomunicaciones en edificios**

#### **Propósito:**

- Permitir la planeación, diseño e instalación de sistemas de tierra para telecomunicaciones en un área comercial con o sin conocimiento previo de los sistemas de telecomunicaciones instalados.
- Crear una trayectoria de baja impedancia para conectar a tierra.
- Minimizar los efectos perjudiciales de descargas eléctricas.
- Un sistema de tierra debe:
  - Ser intencional.
  - Ser verificable.



Ser medido adecuadamente.

Mantener las corrientes perjudiciales lejos de los equipos.

Conectar todos los componentes metálicos al sistema de tierras.

**Consideraciones:**

- Los sistemas de tierra son una parte integral del cableado estructurado al que soportan. Este ayuda a proteger equipos y personal de voltajes peligrosos.
- Un mal sistema de tierras puede producir voltajes inducidos que pueden afectar los sistemas de telecomunicaciones.

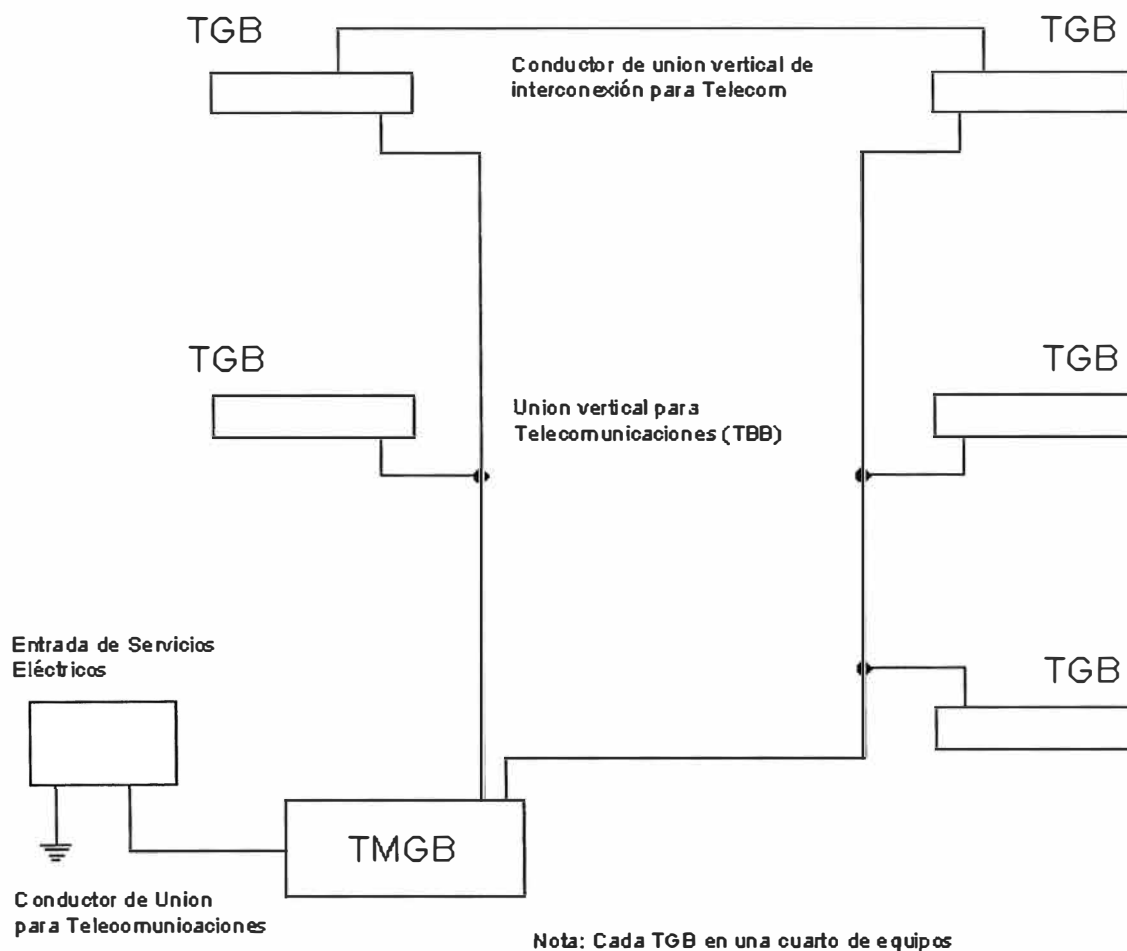
**Elementos:**

Deberá tenerse en consideración 5 componentes importantes (Fig. 4.1):

- Conductor de Union para Telecomunicaciones.
- Barra Principal de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TMGB – Telecommunications Main Grounding Busbar).
- Union Vertical para Telecomunicaciones (TBB – Telecommunications Bonding Backbone)
- Barra de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TGB Telecommunications Grounding Busbar).
- Conductor de Unión Vertical de Interconexión para Telecomunicaciones (TBBIBC – Telecommunications Bonding Backbone Interconnecting Bonding Conductor).

Así mismo, debemos considerar también:

- El cuarto de equipos.
- Entradas de servicios.
- Closet de Telecomunicaciones.
- Rutas de Cables para Interconexión.



**Fig 4.1 : Componentes Importantes de un Sistema de PAT**

#### **A) Unión de Componentes:**

- Todos los conductores de unión serán de cobre aislado.
- El tamaño mínimo del conductor será de  $16 \text{ mm}^2$ .
- Los conductores de unión no deberán colocarse en conduits metálicos.
- Si es necesario hacerlo en una longitud que exceda 1mt., los conductores de unión deberán unirse al conduit en cada extremo con un cable de  $16 \text{ mm}^2$  como mínimo.

#### **B) Etiquetado:**

- Cada conductor de unión para Telecomunicaciones deberá estar etiquetado.
- Las etiquetas deberán estar lo más cercanas al punto de terminación.
- No deberán ser metálicas.

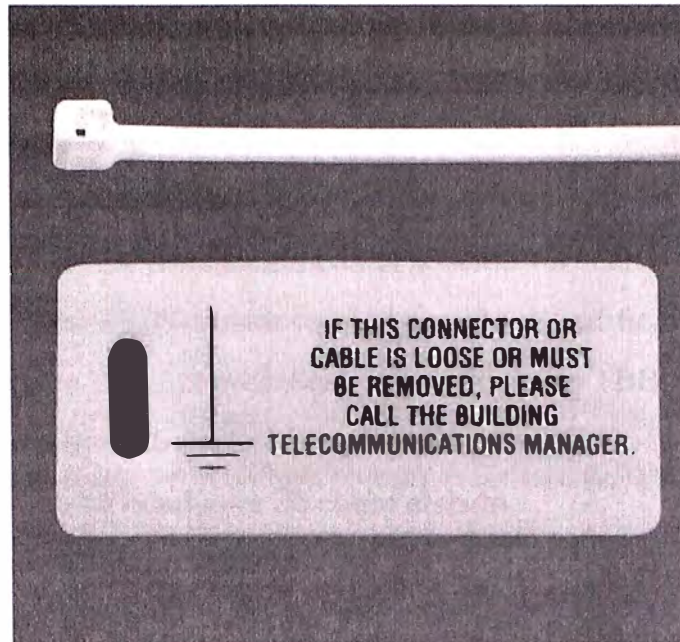


Fig 4.2 : Etiqueta

### C) Conductor de Unión para Telecomunicaciones:

El conductor de unión para Telecomunicaciones deberá unir la Barra Principal de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TMGB) a la tierra del servicio eléctrico del edificio. Este conductor de unión deberá de ser como mínimo del mismo tamaño que el TBB.

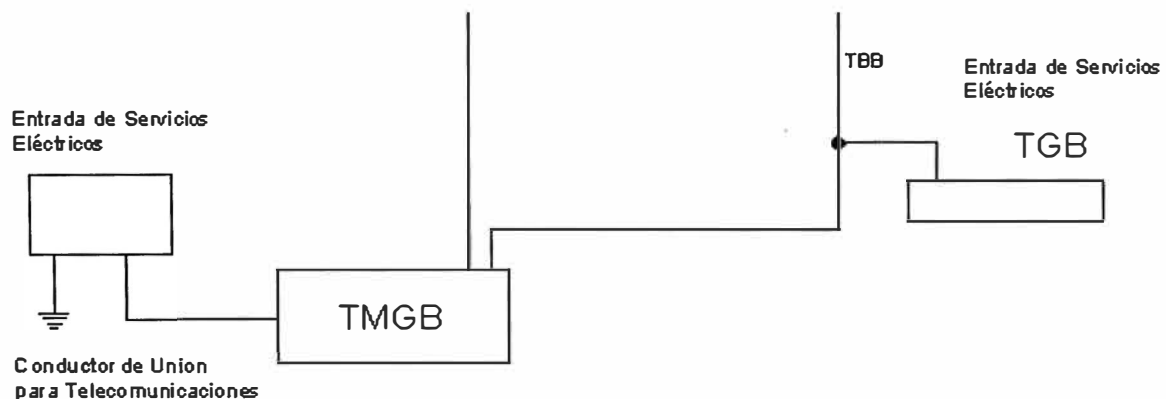


Fig 4.3

La TBB es un conductor que interconecta todas las TGBs con la TMGB, su función principal es la de reducir y equalizar las diferencias de potencial entre los sistemas de Telecomunicaciones unidos a ella.

La TBB no está destinada a ser el único conductor que provee camino para la corriente de falla a tierra, ya deberá existir en la Sala de Telecomunicaciones o en el edificio donde éste se encuentra uno para la distribución eléctrica.

La TBB se origina en la TMGB, extendiéndose por la distribución vertical de telecomunicaciones del edificio, y se conecta a las TGBs en todos los closets de Telecomunicaciones y cuartos de equipos.

**a) Consideraciones de Instalación:**

- La TBB deberá de ser consistente con el sistema vertical.
- Permitir múltiples TBBs dictados por el tamaño del edificio.
- El sistema interno de agua no deberá ser usado como TBB.
- El blindaje de cables no deberá de ser usado como TBB.
- Deberá de usarse un conductor de cobre aislado
  - Tamaño mínimo : 16 mm<sup>2</sup>.
  - Tamaño máximo : 120 mm<sup>2</sup>.

**Tabla N° 4.1 : Tabla de selección del correcto TBB**

<b>TBB longitud en metros lineales</b>	<b>TBB dimensiones en mm<sup>2</sup></b>
Menos de 4	16
4 - 6	25
6 - 8	35
8 - 13	50
13 - 16	70
16 - 20	75
Mas de 20	120

- Cuando dos o mas TBBs verticales se unen en un edificio de varios pisos, las TBBs deberán unirse con un Conductor de Unión Vertical de Interconexión para Telecomunicaciones (TBBIBC) en el último piso y por lo menos cada tres pisos entre medio.
- Deberá de evitarse empalmes.
- Si se usan empalmes, deberán de estar en algún espacio de Telecomunicaciones.
- Deberán unirse usando conectores de compresión irreversible, soldadura exotérmica o equivalente.

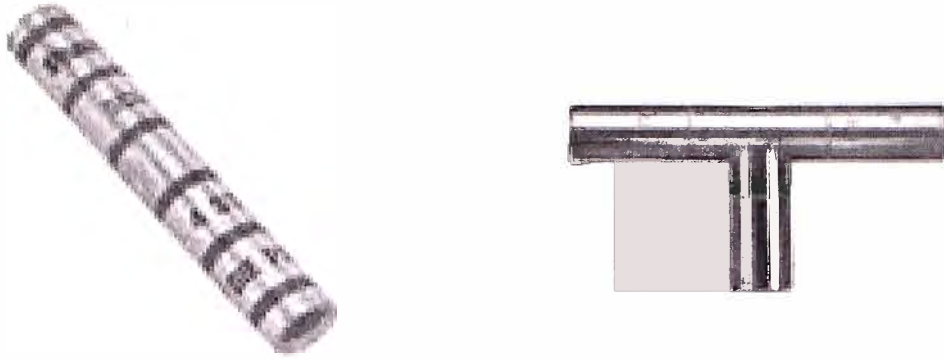


Fig 4.4 : Conectores de unión

#### **D) Barra Principal de Puesta a Tierra (TMGB):**

La TMGB funciona como la extensión del electrodo de tierra del edificio para la estructura de Telecomunicaciones, sirve también como el punto principal de unión para los TBBs y equipo.

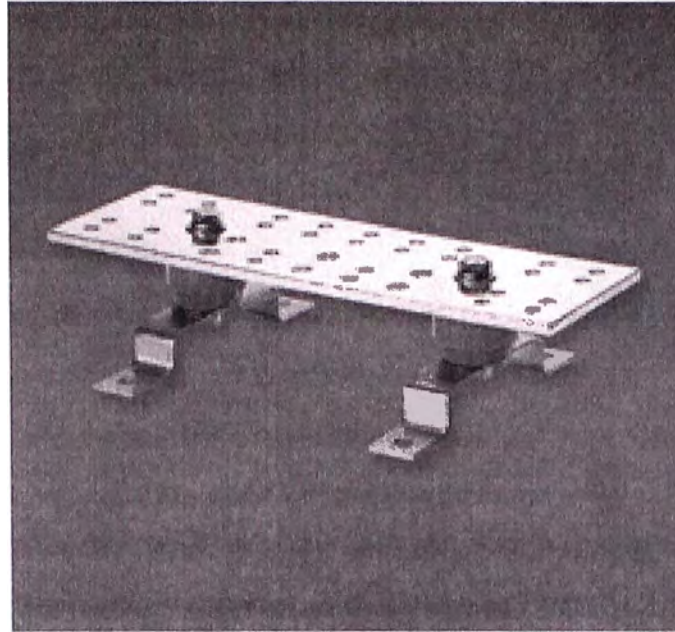
Debe ser accesible al personal de Telecomunicaciones y las extensiones de ésta deberán ser las barras de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TGBs). Típicamente deberá de haber una TMGB por edificio.

El lugar ideal para la TMGB es donde está localizada la entrada de servicios y deberá de atender al equipo de telecomunicaciones localizado en el mismo cuarto o espacio.

##### **a) Descripción de TMGB:**

Deberá ser una barra de cobre pre perforada para los conductores a utilizar, se desea que esté platinada para reducir la resistencia de contacto. Si no lo está, deberá limpiarse antes de colocar los conductores.

La TMGB deberá de tener una dimensión mínima de 6 mm. de grueso por 100 mm. de ancho, teniendo una longitud variable; así mismo deberá estar separada y aislada de su soporte (recomendable 5 cm.).



**Fig 4.5 : TMGB**

Deberá estar tan cerca como sea práctico del panel principal de Telecomunicaciones y deberá de conectarse al panel de Telecomunicaciones o a su cubierta metálica

**b) Conexiones:**

Los conectores para el conductor de unión de Telecomunicaciones a la TMGB deberán ser compresión de dos perforaciones, soldadura exotérmica o equivalente.

La conexión de conductores para unir equipos de Telecomunicaciones a la TMGB puede usar conectores de compresión por tornillo de una perforación, aunque se prefieren conectores de compresión de dos perforaciones (Fig. 4.6)

Según la norma J-STD-607-A, los requerimientos para conectores son:

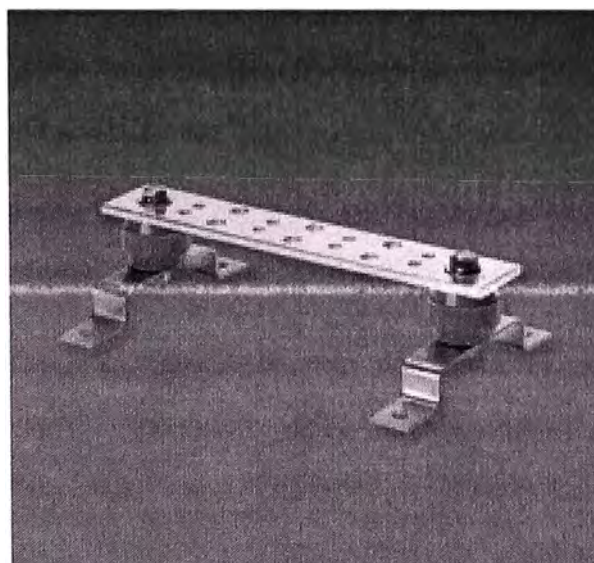
- De compresión de cobre irreversible.
- Listado por un Laboratorio de pruebas reconocido y previsto para este propósito.
- La configuración deberá de ser de dos perforaciones.



**Fig 4.6 : Conector tipo doble ojo**

**E) Barra de Puesta a Tierra para Telecomunicaciones (TGB):**

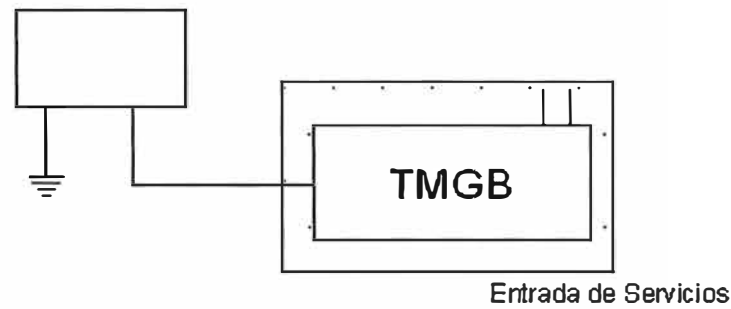
A diferencia de la TMGB, la TGB es el punto central de conexión común para los sistemas de telecomunicaciones y equipos usados en el closet de telecomunicaciones o cuarto de equipos.



**Fig 4.7 : TGB**

**F) Entrada de servicios:**

La entrada de servicios es el lugar preferido para colocar la TMGB, puede servir como TGB para el o los equipos localizados en la entrada de servicios.



**Fig 4.8 : Entrada de Servicios**

La TMGB es el punto común para conexión a tierra, el blindaje o miembro metálico de un cable vertical deberá estar unido a la TMGB/TGB por medio de un cable de unión desde el equipo de terminación.

La TMGB deberá colocarse tratando de tener la ruta más recta y estar lo más cerca posible, asimismo el conductor que los une tiene el propósito de funcionar como conductor de rayos y corrientes de falla AC para los protectores de telecomunicaciones. Un mínimo de 30 cms. de separación debe mantenerse entre este conductor y cualquier cable de potencia, datos y/o control aun cuando se encuentre dentro de un conduit metálico.

La TMGB deberá localizarse considerando la menor distancia y los menores cambios de dirección del Conductor de Unión de Telecomunicaciones.

#### **G) Cuarto de Telecomunicaciones:**

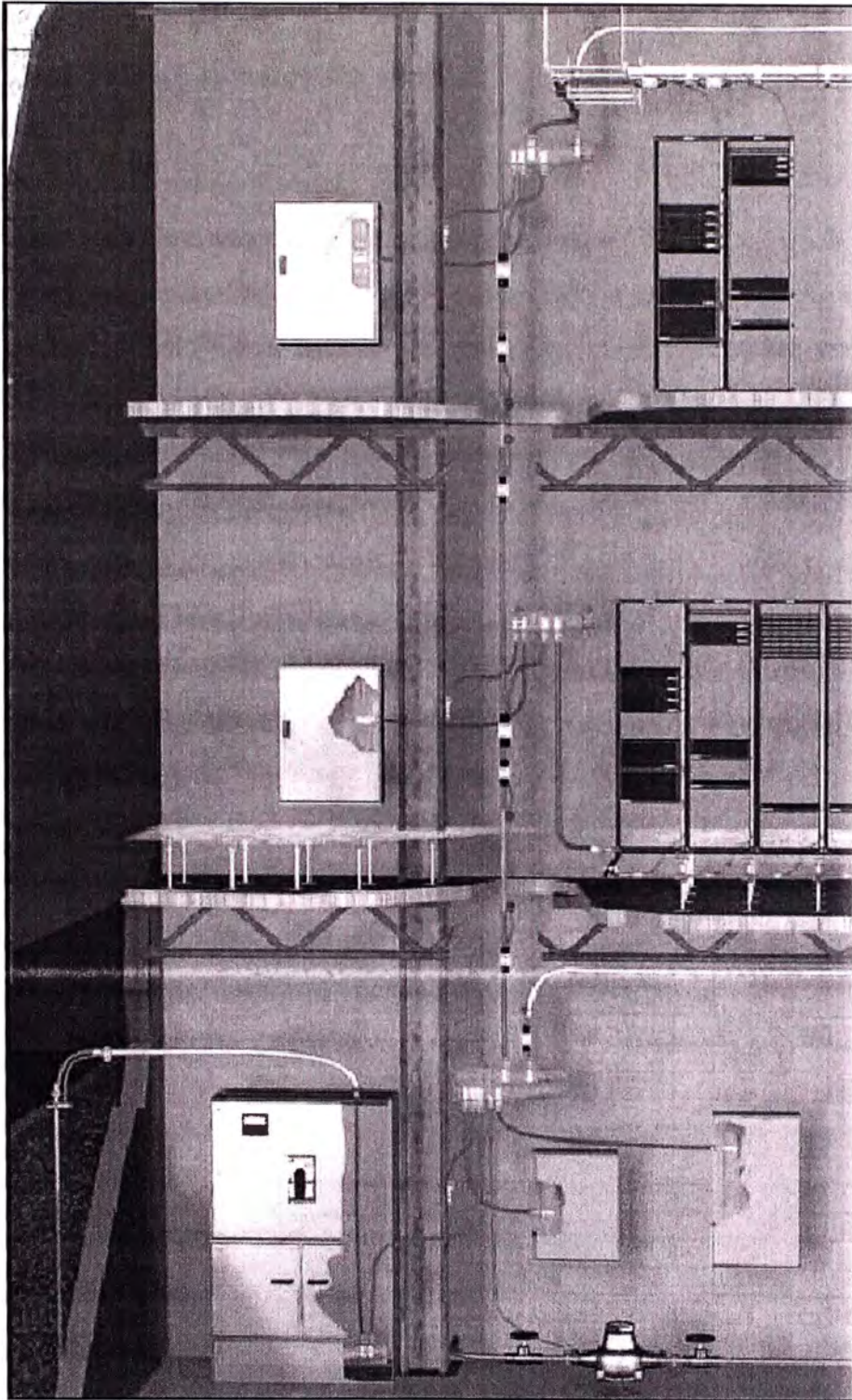
Cada cuarto de equipos y closet de comunicaciones deberá contener un TGB, ésta deberá localizarse para proveer de la máxima flexibilidad y accesibilidad para la puesta a tierra de los equipos de telecomunicaciones; se puede instalar múltiples TGB's en el mismo closet para minimizar longitudes y el número de dobleces de conductores.

#### **H) Estándares TIA/EIA :**

Los Estándares de la industria aplicables a tierras y data centers son:

- Telecommunications Industry Association Standard (TIA 942).
- Telecommunications Industry Association Standard J – STD – 607 – A (conocida como TIA 607).
- Institute of Electrical & Electronics Engineers, Inc. Standar IEEE – 1100.





**Fig 4.9 :** Cuartos de comunicaciones en Edificios

## 4.3 Tipos de Tierras

### 4.3.1 Tierra Limpia

El término "tierra limpia" se usa para describir muchas cosas. Un conductor de tierra segregado llevado a:

- a.- La barra principal de tierra.
- b.- Un electrodo de tierra totalmente independiente.
- c.- Un electrodo de tierra independiente, conectado a la barra principal de tierra.

En la realidad no hay tal "tierra limpia", lo que hay es simplemente una variedad de prácticas de conectar a tierra con beneficios diferentes. La primera y la última de las anteriores son prácticas que están de acuerdo con las regulaciones de cableado, mientras que la segunda no lo está y es peligrosa.

### 4.3.2 Tierra Relativa y Tierra Absoluta

Consideremos un protector de línea de datos en uso y veamos que consecuencias tendrán las diferentes prácticas de conexión a tierra; supongamos que la impedancia a tierra de la tierra del edificio es 1 ohm.

La Fig. 4.10 muestra cómo puede ser una instalación de "tierra relativa". Si fluye a tierra una corriente de 100 A, entonces la barra principal de tierra elevará su tensión a más de 100 V como resultado de las caídas de tensión resistiva e inductiva.

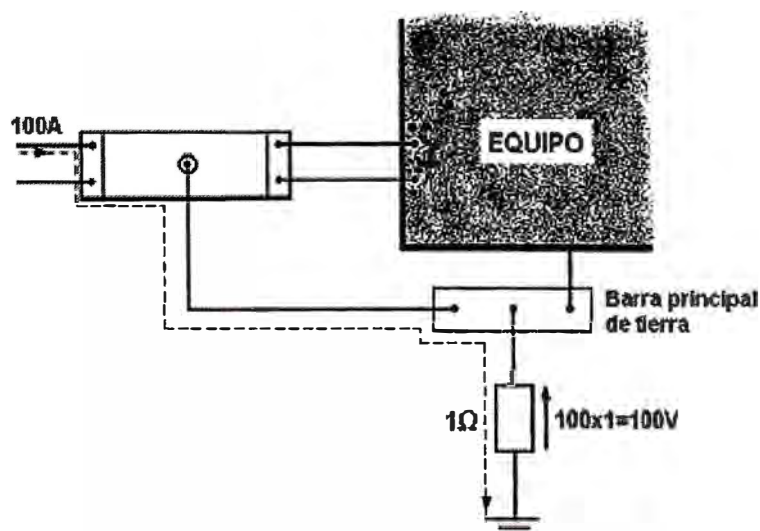


Fig 4.10

Aunque esto puede aparentar ser un problema, no lo es, porque tanto la Barrera contra Rayos y los equipos están conectados a la misma barra de tierra. La caída de tensión en el suelo no aparece en el sistema y provoca poco problema.

Si se intenta una "tierra absoluta" (Fig. 4.11), la Barrera contra Rayos resultará puenteadada y la resistencia de la red de tierra conectada a la Barrera contra Rayos es improbable que sea inferior a 10 ohm. Si fluye una corriente de 100 A en una tierra de 10 ohm, aparecerá una tensión de 1000 V, esta se sumará a la caída inductiva en el conductor de tierra y a la tensión pasante de la Barrera.

Como el equipo está referenciado al electrodo principal de tierra (que está a cero voltios, ya que no fluye corriente por él), el equipo estará sometido a más de 1000 V y será destruido.

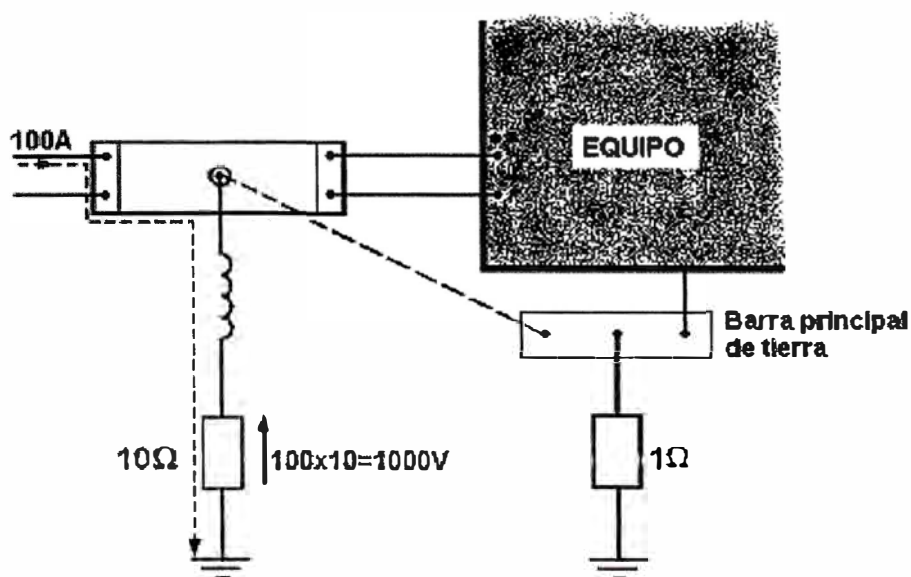


Fig 4.11

Un enlace entre la Barrera y la barra principal de tierra mejorará la situación, sin embargo, esto da por resultado un esquema que se diferencia poco del descrito como "tierra relativa".

## **CAPÍTULO V DISEÑO Y EJECUCION**

Todo diseño de Puesta a Tierra debe limitar las elevaciones de potenciales en el momento de falla en la zona de influencia. Si se logra despejar la falla en muy corto tiempo se reducen las probabilidades de lesiones o daños.

En una Puesta a Tierra no sólo se encuentra una resistencia sino también una inductancia y una capacitancia que igualmente influyen en el paso de la corriente por la tierra, por tanto deberemos considerar una impedancia. Para *bajas frecuencias*, bajas corrientes y valores de resistividad del suelo no muy elevados, son despreciables los elementos capacitivos y de ionización del suelo y él mismo se comporta como una resistencia. En el caso de *altas frecuencias*, es necesario considerar el efecto capacitivo principalmente en suelos de altas resistividades; ondas de tipo impulso, como las de los rayos, sufren igualmente la oposición de la reactancia inductiva de las conexiones al penetrar al suelo.

### **5.1 Pasos para lograr excelentes Sistemas de Puesta a Tierra.**

#### **5.1.1 Determinación de los Parámetros.**

- \* Determinar la resistencia de puesta a tierra objetivo.
- \* Establecer las tensiones de seguridad permitidas.
- \* Definir las temperaturas máximas y ambiente.
- \* Calcular la corriente de falla a tierra.
- \* Definir el máximo tiempo de despeje de la falla.
- \* Obtener valores de nivel del aislamiento (BIL) de equipos.
- \* Revisión de planos de la instalación.
- \* Determinar el área disponible.
- \* Estudio de la resistividad del terreno, permitividad y pH.
- \* Seleccionar parámetros de rayos.

### **5.1.2 Diseño.**

- \* Recopilar las normas y programas necesarios.
- \* Definir geometría de la puesta a tierra.
- \* Elegir el tipo de electrodo y su cantidad.
- \* Definir profundidad de enterramiento del electrodo según el terreno.
- \* Escoger material y resistividad de la capa superficial.
- \* Definir longitud de contrapesos.
- \* Calcular calibre y longitud del conductor.
- \* Calcular resistencia de puesta a tierra.
- \* Ajustar valores.

### **5.1.3 Análisis del Comportamiento.**

- \* Calcular tensiones de seguridad.
- \* Calcular el GPR (máxima tensión de la malla respecto a una tierra remota).
- \* Evaluar comportamiento transitorio.
- \* Confrontar valores respecto a las especificaciones.

### **5.1.4 Topología.**

- \* Ubicar cajas de inspección.
- \* Definir rutas de cable.
- \* Ubicar barrajes equipotenciales.
- \* Interconectar con otras puestas a tierra.

### **5.1.5 Materiales y Cantidades de Obra.**

- \* Hacer un listado de materiales.
- \* Valorar materiales básicos, accesorios, equipos y mano de obra.
- \* Elaborar el presupuesto definitivo.

### **5.1.6 Ejecución de Obra.**

- \* Nombrar el responsable directo.
- \* Hacer cronograma de ejecución.
- \* Construir el sistema de Puesta a Tierra.
- \* Levantar planos de lo construido.

### **5.1.7 Mediciones de Comprobación.**

- \* De resistencia de Puesta a Tierra.
- \* De Tensión de Paso.
- \* De tensión de Toque.
- \* De equipotencialidad.

### **5.1.8 Detalles Finales.**

- \* Terminar obra civil.
- \* Señalizar.
- \* Certificar la Puesta a Tierra.
- \* Liquidar la obra.
- \* Entregar Garantías y memorias de cálculos.
- \* Entregar plan de mantenimiento.

## **5.2 Factores que afectan la resistividad del suelo**

### **5.2.1 Influencia de la temperatura:**

La resistividad crece muy lentamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar al punto de congelación del agua; por debajo del punto de congelación, la resistividad crece rápidamente al disminuir la temperatura. Esto tiene importancia en zonas frías donde en invierno el suelo se congela hasta una cierta profundidad, en éstos casos el sistema de tierra debe instalarse por debajo del nivel de congelación si se pretende un valor aceptable de la resistencia a lo largo de todo el año; por ejemplo, si la temperatura disminuye desde (+) 20°C a (-) 19°C, la resistividad puede aumentar alrededor de 200 veces.

Debido a que la temperatura como la humedad son más estables a mayor distancia de la superficie, se concluye que un sistema de tierra, para ser más efectivo en cualquier época, deberá ser construido con las jabalinas hincadas profundamente. Este es el propósito que se persigue cuando se llega con el electrodo hasta la capa freática, en este caso, la resistencia no sólo es muy baja sino que también es estable.

### **5.2.2 Influencia de la humedad:**

Cuando están completamente secos, casi todos los suelos tienen una resistividad del orden de aisladores perfectos. La resistividad disminuye rápidamente hasta que la humedad alcanza el 20% a partir de ese porcentaje sólo se consigue una leve disminución de la

resistividad con el aumento de la humedad. Inversamente, por debajo del 15% la resistividad aumenta dramáticamente con la disminución de la humedad. Decreciendo la humedad del 30% al 5% la resistividad aumenta alrededor de 400 veces.

### **5.2.3 Efecto del contenido de sales:**

Normalmente un terreno seco tiene alta resistividad, pero un terreno húmedo también puede tenerla si no contiene sales solubles, es decir el agua es muy blanda.

### **5.3 Métodos para reducir la resistencia de puesta a tierra.**

Cuando la resistividad del terreno es muy elevada y en donde las jabalinas no pueden enterrarse profundamente debido a rocas, se utilizan diversos métodos para mejorar las condiciones. En general todos los métodos tratan de crear una mejor conductividad en las primeras capas o cilindros de tierra que rodean al electrodo en donde la superficie conductora es pequeña, el tratamiento también es beneficioso al independizar el valor de resistencia obtenida de las variaciones climáticas.

Los métodos más comunes son:

- Electrodo profundos
- Electrodo múltiples en paralelo.
- Contrapesos.
- Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales.
- Agregado de sales simples.
- Aporte de sales "gel".
- Inyección de bentonita.
- Inyección de resinas sintéticas.

### **5.4 Interconexión de Puestas a Tierra.**

Cuando en una edificación o inmueble existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas por conductores. Este tipo de configuración es óptima porque reduce las diferencias de potencial entre partes de la misma instalación, baja la resistencia global, es de mínimo costo, es el más simple, es más fácil de prever su comportamiento eléctrico,



requiere mínimo análisis de acoplamientos y aislamientos, distribuye mejor la corriente de falla y sobre todo es más segura y confiable.

### 5.5 Conexiones Exotérmicas

En este proceso se usa gas o soldadura de arco y una mezcla de polvo de metal con moldes especiales de grafito. El polvo reacciona para producir cobre fundido, el cual fluye alrededor de los metales soldándolos y derritiéndolos ligeramente. El resultado es una unión permanente, de alta calidad, robusta y de baja resistencia.

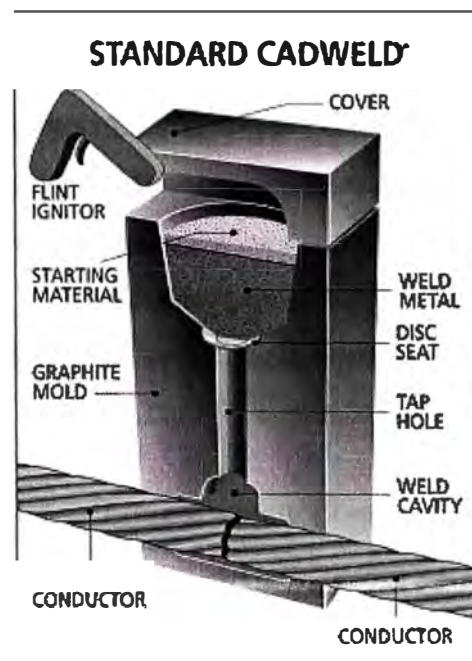


Fig. 5.1 : Molde para Soldadura Cadweld

#### 5.5.1 Normas de Seguridad

- \* Sólo personal capacitado y entrenado debe aplicar ésta soldadura.
- \* La pólvora que se usa como iniciador es un material inflamable y debe de manejarse con sumo cuidado, alejándola de fuentes de calor o chispas.
- \* Este material no es explosivo y su ignición no es espontánea. Se requieren 425 °C para la pólvora y 800 °C para la soldadura.
- \* Está totalmente prohibido fumar mientras se manipula la soldadura exotérmica.
- \* Los humos generados no son tóxicos, pero si densos, por lo que debe evitarse su inhalación. Siempre debe usarse mascarillas contra humos.
- \* Debido a las altas temperaturas, es obligatorio el uso de guantes de cuero.



- \* La soldadura debe de ser almacenada en un lugar fresco y seco para prolongar su vida útil.
- \* Si no deja las superficies limpias y secas, la soldadura es de mala calidad.
- \* El transporte por cualquier medio no representa peligro.

### **5.5.2 Preparación de conductores de cobre**

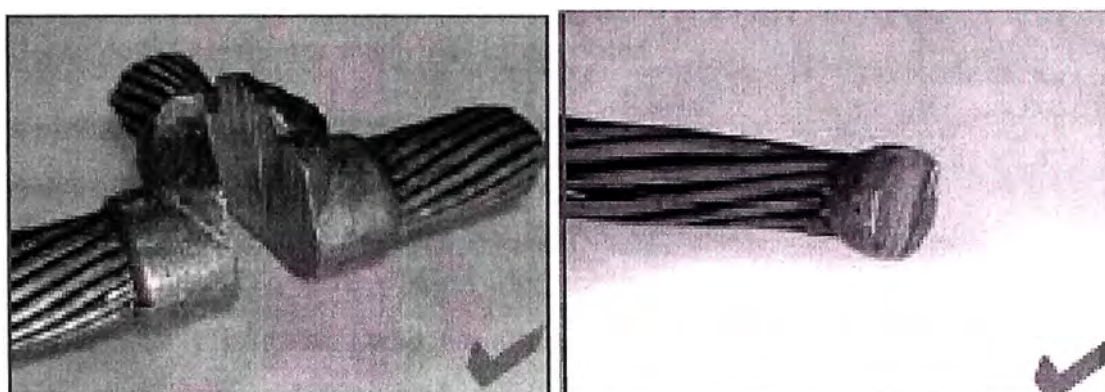
- \* Se puede utilizar con cables, electrodos o platinas.
- \* Los cortes de materiales deben de hacerse con una mínima deformación.
- \* En cables aislados, se debe retirar parte del encauchetado (aprox 3 cm).
- \* Las partes que van a soldarse deben secarse y limpiarse al máximo con telas limpias y cepillos.
- \* Si hay presencia de grasa, deberá retirarse completamente con un solvente.
- \* Si las condiciones ambientales son de elevada humedad relativa, seque el molde con un soplete antes de la primera conexión.

### **5.5.3 Procedimiento general de Aplicación**

- \* Se debe acondicionar el área de trabajo, despejando todo elemento que impida movimientos libres.
- \* Revisar que el molde éste limpio, seco y libre de escorias.
- \* El cartucho y el molde deben ser los adecuados para el tamaño de los conductores que se van a soldar.
- \* Colocar los conductores correctamente en el lugar que les corresponde en el molde.
- \* De presentarse tensiones en los cables, hay que asegurarlos con un dispositivo mecánico mientras se le aplica la soldadura.
- \* Cerrar el molde y asegurar con la pinza.
- \* Verificar la hermeticidad del molde y la posición de los conductores.
- \* Cierre la tapa del molde y accione el encendedor, separando la cara y retirando la mano rápidamente.
- \* Abra el molde, retírelo y colóquelo en una superficie seca.
- \* Retire la escoria y los residuos.
- \* Efectúe el control de calidad de la soldadura.

### 5.5.4 Criterios de Calidad

- \* Repita la soldadura sino presenta la uniformidad del molde.
- \* Repita la soldadura si presenta porosidad superior al 20% de su superficie o penetración de un clip hasta el cable.
- \* De un par de golpes fuertes con un martillo, la soldadura debe resistir.
- \* Un molde buena calidad y bien cuidado puede durar un promedio de 50 soldaduras.
- \* No se debe aplicar una carga distinta a la especificada en el molde.
- \* Se debe utilizar materiales y accesorios originales.



**Fig. 5.2 : Soldadura Cadweld ejecutada correctamente**

## 5.6 Corrientes eléctricas indeseables en los conductores de puesta a tierra

### 5.6.1 Arreglo del sistema para evitar corrientes eléctricas indeseables:

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

### 5.6.2 Modificaciones para evitar corrientes eléctricas indeseables:

Si la instalación de varias conexiones de tierra produce un flujo de corrientes eléctricas indeseables, se permite hacer una o más de las siguientes modificaciones:

- a) Cortar una o más de dichas conexiones a tierra, pero no todas.
- b) Cambiar la posición de las conexiones a tierra.
- c) Interrumpir la continuidad del conductor o de la trayectoria conductora de las conexiones a tierra.

d) Tomar otras medidas adecuadas.

### 5.6.3 Corriente eléctrica temporal que no se considera indeseable:

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

### 5.6.4 Limitaciones a las alteraciones permitidas:

Las corrientes eléctricas que originan ruidos o errores en los datos de equipos electrónicos no se consideran como corrientes eléctricas indeseables.

## 5.7 Barras Equipotenciales

Una barra equipotencial es una platina de cobre pretaladrada, con dimensiones y separación de pernos y huecos. Debe ser dimensionado de acuerdo con los requisitos inmediatos de aplicación y teniendo en consideración futuros crecimientos, sus dimensiones mínimas son de 5 mm de espesor x 50 mm de ancho y longitud variable.

Es preferible pero no imprescindible que sea recubierto con níquel, sino lo es, debe limpiarse antes de unir los conectores. Deben utilizarse conectores certificados de compresión de dos huecos o soldadura exotérmica y debe de ser aislada de su soporte, se recomienda una separación de 50 mm.

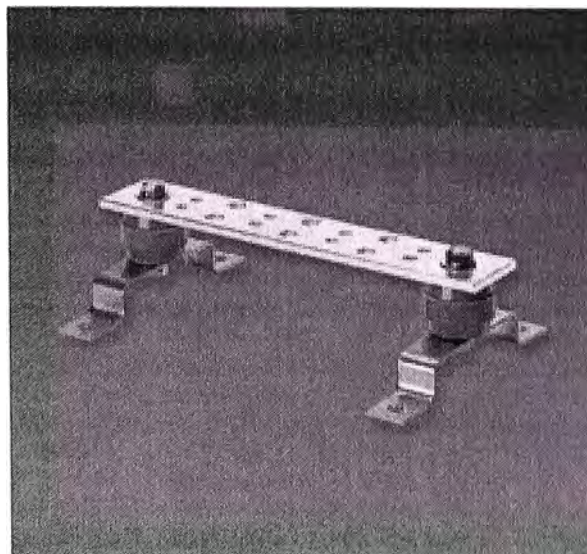


Fig. 5.3 : Barra Equipotencial

## 5.8 Bobinas de Choque

Las bobinas de choque para interconexión de PAT, tienen como principio de funcionamiento el de ofrecer una baja resistencia (casi cero) en servicio normal, logrando que se ayuden las PAT y una alta impedancia ( $X_L = 2\pi fL$ ) ante impulsos, que puedan circular en los conductores de PAT.

Para reducir las sobretensiones conducidas (originadas por la corriente de un rayo) en una instalación eléctrica, se debe evitar que una corriente de gran magnitud circule dentro de dicha instalación, por lo tanto se debe disipar la mayor parte de la corriente en la PAT; para lograrlo existen dos opciones:

- Reducir la impedancia del sistema externo de protección contra rayos (aumentando el calibre de los conductores de las bajantes e instalando más PAT).
- Disminuir la tasa de crecimiento del frente de onda de la corriente ( $di/dt$ ) del rayo (instalando más bajantes).

La solución más práctica y efectiva es utilizando una bobina de choque que interconecte una PAT de baja impedancia con otras puestas a tierras. La corriente de rayo deberá ir en su mayor parte a la PAT del sistema de protección contra rayos, reduciendo de esta manera las corrientes en modo común que circula dentro de la instalación y que son las responsables de las sobretensiones producidas.

Una bobina es un arrollamiento de cables sobre un cilindro, en cada espira se produce un campo magnético. Como estos campos elementales interfieren entre sí, se produce un fenómeno de autoinducción que tiene por efecto crear en la bobina una corriente inducida que se opone al paso de la corriente original, causando un retraso de la corriente respecto de la tensión.

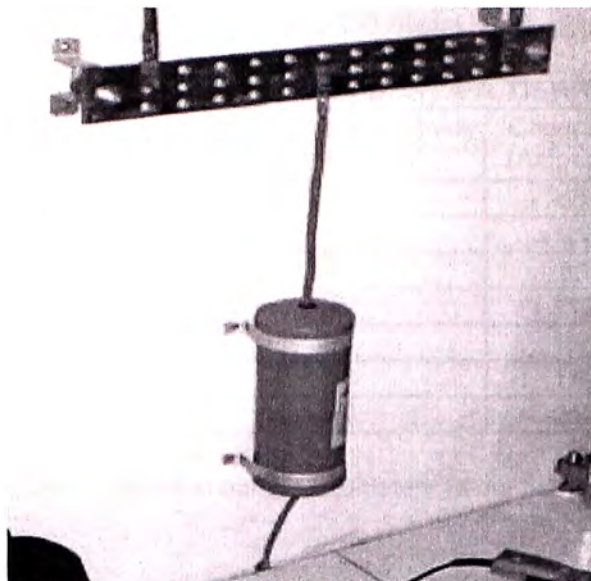


Fig. 5.4 : Bobina de choque

### 5.8.1 Objetivos de la Bobinas de Choque:

Entre los principales objetivos, podemos nombrar los siguientes:

- a) Direccionar las corrientes de falla.
- b) Disminuir la variación de las corrientes ( $dI/dt$ ) en modo común originadas por rayos, para reducir la conversión en modo común en los equipos sensibles (computadoras, radios de comunicaciones, etc.)
- c) Mantener la equipotencialidad entre sistemas de puestas a tierra en condiciones de funcionamiento normal.
- d) Optimizar el funcionamiento de la PAT del sistema de protección contra rayos.

### 5.9 Puentes de Conexión Equipotencial

Según las normas vigentes, se deben hacer las conexiones equipotenciales pertinentes para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de transporte de cualquier corriente de falla que se pueda producir. El puente de conexión equipotencial principal no debe ser de menor calibre que el establecido en la tabla 250-66 del NEC para los conductores del electrodo de PAT.

Tabla N° 5.1 : Tabla 250-66 del NEC

<b>* CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA (EN COBRE)</b>				
Calibre de Fase (AWG)	Capacidad del conductor a 75°C	Conductor del electrodo de PAT	Capacidad (Amperios)	% de la línea a Tierra respecto a las fases
2 o menos	115	8	50	43%
1 a 1/0	150	6	65	43%
2/0 a 3/0	200	4	85	43%
3/0 a 350 kcmil	310	2	115	37%
350 a 600 kcmil	420	1/0	150	36%
600 a 1100 kcmil	545	2/0	175	32%
Mayor a 1100 kcmil	590	3/0	200	34%

\* Es el conductor que parte de la PAT hasta el barraje equipotencial de distribución de tierras para la instalación.

Además, se deben tener en cuenta los siguientes lineamientos:

**a) Material.-** Los puentes de conexión equipotencial principal y de equipos deben ser de cobre u otro material resistente a la corrosión y puede ser un alambre, una barra conductora, un tornillo o un conductor similar.

**b) Construcción.-** Cuando la conexión equipotencial principal sea un solo tornillo, se debe identificar mediante un color verde que sea bien visible una vez quede instalado. Para los puentes en fleje debe guardarse una relación mayor de 5:1 entre el largo y el ancho.

**c) Conexiones Roscadas.-** Cuando haya tubo metálico rígido o intermedio, las uniones mediante conexiones roscadas o tubos roscados en los armarios y envolventes se deben apretar con llave.

**d) Cable de acometida con blindaje o cinta metálica.-** Un cable de acometida que tenga pantalla metálica puesta a tierra y un neutro no aislado en contacto eléctrico continuo con su pantalla, se debe considerar que está puesto a tierra.

**e) Conexión del terminal de PAT de un tomacorriente a una caja.-** Para conectar el terminal de PAT de un tomacorriente, del tipo con polo a tierra, con una caja puesta a tierra se debe usar un puente de conexión equipotencial de equipos.

**f) Conexiones equipotenciales en lugares clasificados como peligrosos.-** Independiente de la tensión de una instalación eléctrica, se debe asegurar la

continuidad eléctrica de las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos, canalizaciones y otras envolventes en los lugares clasificados como peligrosos.

***g) Conexión equipotencial de sistemas de tuberías y acero estructural expuesto.-***

El sistema interior de tuberías metálicas para agua se debe conectar equipotencialmente a la pantalla de la acometida o al conductor del electrodo de PAT, o a uno de los electrodos de PAT de la instalación. Los puntos de conexión del puente deben ser asequibles.

***h) Conexión equipotencial de otras envolventes.-*** Las conexiones metálicas, bandejas de cables, blindajes de cables, armaduras de cables, envolventes, marcos, accesorios y otras partes metálicas no portadoras de corriente y que puedan servir como conductores de PAT con o sin conductores suplementarios de PAT de equipos, se deben conectar equipotencial y eficazmente. Se deben quitar de las roscas, puntos y superficies de contacto todas las pinturas, barnices o recubrimientos similares no conductores o bien conectarlos por medio de accesorios diseñados de una manera tal que hagan innecesaria dicha eliminación.

### **5.10 Limitaciones de un Sistema de Puesta a Tierra.**

Un sistema de puesta a tierra tiene una conductancia límite para un área determinada y esto es básico para evitar un gasto inútil de materiales y mano de obra tratándose de lograr una conductancia que prácticamente es inalcanzable.

Si bien es cierto que conviene aprovechar tanto como sea posible el área de que disponemos para este propósito, no es menos cierto que debemos hacer un uso efectivo de los electrodos o conductores de la malla toda vez que ello significa una importante erogación en materiales y mano de obra. Aumentar el número de jabalinas por encima de cierto número es un gasto inútil debido a que el aumento de conductancia que se consigue es prácticamente despreciable.

Algo similar ocurre si se trata de una malla de puesta a tierra, en síntesis dados:

- El suelo con la conductividad que le es propia.

- Las dimensiones de los electrodos.
- Un valor definido de la conductancia total deseada.

Es necesario verificar si con el área de que disponemos podremos alcanzar el valor deseado de conductancia, haciendo un uso económico de los electrodos o de los conductores de la malla. Si no es así, seguramente será más económico y más efectivo aumentar el área que implantar más electrodos o adicionar más conductores a la malla dentro del área prevista inicialmente.

Si no es posible el aumento del área, la única alternativa será la modificación de la resistividad del suelo mediante alguno de los procedimientos artificiales mencionados anteriormente.

En caso de tensiones de puesta a tierra superiores a 125V hay que realizar medidas de control del potencial o de aislamiento, en casos críticos es necesaria una prueba de medición de las tensiones de contacto.

Para un ambiente en el cual se van a poner en operación equipos electrónicos sensibles, el máximo valor de resistencia de puesta a tierra deberá de ser de  $5 \Omega$ . Cuando por alta resistividad del terreno, elevadas corrientes de fallas a tierra tiempos largo de despeje de la misma, o que por un balance técnico-económico no se puede obtener este valor, se deberán medir las tensiones de paso y de contacto y tomar medidas adicionales como:

- Hacer inaccesibles zonas donde se prevea la superación de la zona de contacto.
- Instalar pisos o pavimentos de gran aislamiento.
- Aislar todos los dispositivos que puedan ser sujetados por una persona.
- Establecer conexiones equipotenciales en las zonas críticas.
- Aislar el conductor del electrodo de PAT a su entrada en el terreno.
- Disponer de señalización en las zonas críticas.
- Dar instrucciones al personal sobre el tipo de riesgo.
- Dotar a los operarios de elementos de protección personal.



## 5.11 Metodología IEEE 80.

### 5.11.1 Parámetros a tener en cuenta en el diseño

- a) *Condición Geométrica.*- El diseño requiere que la malla sea cuadrada, rectangular o en forma L.
- b) *Capa Superficial.*- Este componente es importante para la seguridad de las personas, se puede dejar un espaciado de aire o una capa de gravilla.
- c) *Conductor.*- Se acostumbra a utilizar como mínimo el calibre 2/0 AWG de cobre de siete hilos, con el fin de mejorar la rigidez mecánica de la malla y soportar la corrosión.

### 5.11.2 Constantes

$\rho$  = Resistividad aparente del terreno tomado como un suelo uniforme [ $\Omega$ .m]

$I$  = Corriente de Falla monofásica a tierra en el secundario [KA]

$I_0$  = Corriente de Falla monofásica a tierra en el primario [A]

$\tau_c$  = Tiempo de despeje de la falla [s]

$K_f$  = Constante para diferentes materiales a diferentes temperaturas de fusión  $T_m$  y una temperatura ambiente de 40 °C

Tabla N° 5.2 : Constantes de Materiales para Puesta a Tierra

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	$T_m$ (°C)	$K_f$
Cobre Blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica	97	1084	7.06
Cobre duro cuando se utilizan conexiones mecánicas a presión	97	250	11.78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10.45
Varilla de acero recubierto de cobre	20	1084	14.64
Acero 1020	10.8	1510	15.95
Varilla de acero galvanizado	9.8	1400	14.72
Varilla de acero con baño de cinc	8.6	419	28.96
Acero inoxidable 304	2.4	1400	30.05

### 5.11.3 Conductor a utilizar

$$A(\text{mm}^2) = \frac{I * K_f * \sqrt{t_c}}{1,9740} \text{ mm}^2 \dots\dots\dots (5.1)$$

### 5.11.4 Tensiones de paso y toque máximos tolerables

Para una persona de 50 Kg.

$$V_{(\text{paso tolerable})} = \frac{(1000 + 6 * C_s * \rho_s) * 0,116}{\sqrt{t_s}} \text{ voltios ..... (5.2)}$$

$$V_{(\text{toque tolerable})} = \frac{(1000 + 1,5 * C_s * \rho_s) * 0,116}{\sqrt{t_s}} \text{ voltios ..... (5.3)}$$

Para una persona de 70 Kg.

$$V_{(\text{paso tolerable})} = \frac{(1000 + 6 * C_s * \rho_s) * 0,157}{\sqrt{t_s}} \text{ voltios ..... (5.4)}$$

$$V_{(\text{toque tolerable})} = \frac{(1000 + 1,5 * C_s * \rho_s) * 0,157}{\sqrt{t_s}} \text{ voltios ..... (5.5)}$$

Donde:

$$C_{(s)} = 1 - \frac{0,09 * \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 * h_s + 0,09} \text{ ..... (5.6)}$$

Si no se tiene prevista una capa superficial de grava, entonces:

$$\rho_s = \rho \text{ y } C_s = 1$$

### 5.11.5 Determinación de la configuración inicial

\* *Longitud total de conductor:*

$$L_{(T)} = L_{(C)} + N * L_{(V)} \text{ metros}$$

Donde :

$$L_{(C)} = \left(\frac{L_{(1)}}{D} + 1\right) * L_{(2)} + \left(\frac{L_{(2)}}{D} + 1\right) * L_{(1)} \text{ metros (para mallas cuadradas o rectangulares)} \text{ ..... (5.7)}$$

\* *Cálculo del Área:*

$$A = L_1 * L_2 \text{ m}^2 \text{ ..... (5.8)}$$

### 5.11.6 Cálculo de la resistencia de Puesta a Tierra $R_g$ en ohms ( $\Omega$ )

$$R_{(g)} = \rho * \left[ \frac{1}{L_c} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left( 1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \Omega \dots\dots\dots (5.9)$$

### 5.11.7 Cálculo del máximo potencial de tierra (GPR)

$$GPR = I_G * R_g \text{ voltios}$$

Donde:

$$I = 1.9 * I_0 \text{ Amperios}$$

Si  $GPR > V_{\text{contacto tolerable}}$  entonces

Deben calcularse las tensiones de malla y de paso en caso de falla

..... (5.10)

### 5.11.8 Cálculo de tensión de malla en caso de falla (Volts)

$$V_{\text{malla}} = \frac{\rho * I_G * K_m * K_i}{L_c + \left[ 1,55 + 1,22 * \left( \frac{1}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}} \right) \right] * N * L_v} \text{ (V)}$$

Donde:

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

$K_{ii} = 1$  para mallas con electrodos de varilla a lo largo del perímetro o dentro de ella.

$K_{ii} = \frac{1}{(2 * n)^{2/n}}$  para mallas sin electrodos tipo varilla o con pocas dentro de ella.

$$K_h = \sqrt{1 + h} \text{ y } K_i = 0,644 + 0,148 * n$$

$$n = n_a * n_b * n_c$$

..... (5.11)

Donde:

$$n_a = \frac{2 * L_c}{L_p}, \quad n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 * \sqrt{A}}}, \quad n_c = \left( \frac{L_1 * L_2}{A} \right)^{\frac{0,7 * A}{L_1 * L_2}} \quad \dots\dots\dots (5.12)$$

$L_p = (L_1 + L_2) * 2$  metros para mallas cuadrada o rectangulares

Si  $V_{\text{malla}} > V_{\text{contacto}}$ , se debe cambiar la configuración de la malla.

Si  $V_{\text{malla}} < V_{\text{contacto}}$ , se puede pasar a calcular la tensión de paso.

### 5.11.9 Cálculo de la tensión de paso en caso de falla

$$V_{\text{paso}} = \frac{\rho * I_G * K_s * K_i}{0,75 * L_c + 0,85 * N * L_v} \text{ voltios} \quad \dots\dots\dots (5.13)$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} * \left[ \frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} * (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

Si  $V_{\text{paso}} > V_{\text{paso tolerable}}$ , se debe cambiar la configuración de la malla.

Si  $V_{\text{paso}} < V_{\text{paso tolerable}}$ , *el diseño ha terminado*.

### 5.12 Método Clásico de Medición.

Es conveniente que cuando se hace la medición de la resistencia de un sistema completo, se deje transcurrir cierto tiempo para que la tierra alrededor de los electrodos se consolide. Esto no se necesita para los electrodos de prueba auxiliares porque su resistencia se descuenta durante la prueba.

Se deben efectuar pruebas periódicas para verificar si la resistencia permanece constante o aumenta; si esta aumenta a valores muy altos, se debe pensar en instalar electrodos adicionales, incrementar el contenido de humedad o darle tratamiento químico.



**Fig. 5.5 : Medidor De Resistencia De Tierra Digital**

El Principio de Caída de Potencial es aplicable a la medida de todo tipo de Impedancias (Resistencia) de Puesta a Tierra, es decir de aterramientos puntuales y de gran cobertura. La ejecución práctica consiste en inyectar una corriente continua conmutable o alterna de frecuencia diferente a 60 Hz, por el electrodo de PAT (C1) que después de circular por el suelo es recogido en un electrodo auxiliar distante (C2), de modo que los espectros de superficies equipotenciales en torno a dichos puntos hacen posible la medida sobre el terreno de la diferencia de potencial entre el electrodo de PAT y la interfase de potencial cero (P2) ubicada entre (C1 y C2), permitiendo determinar la Resistencia de Dispersión (R).

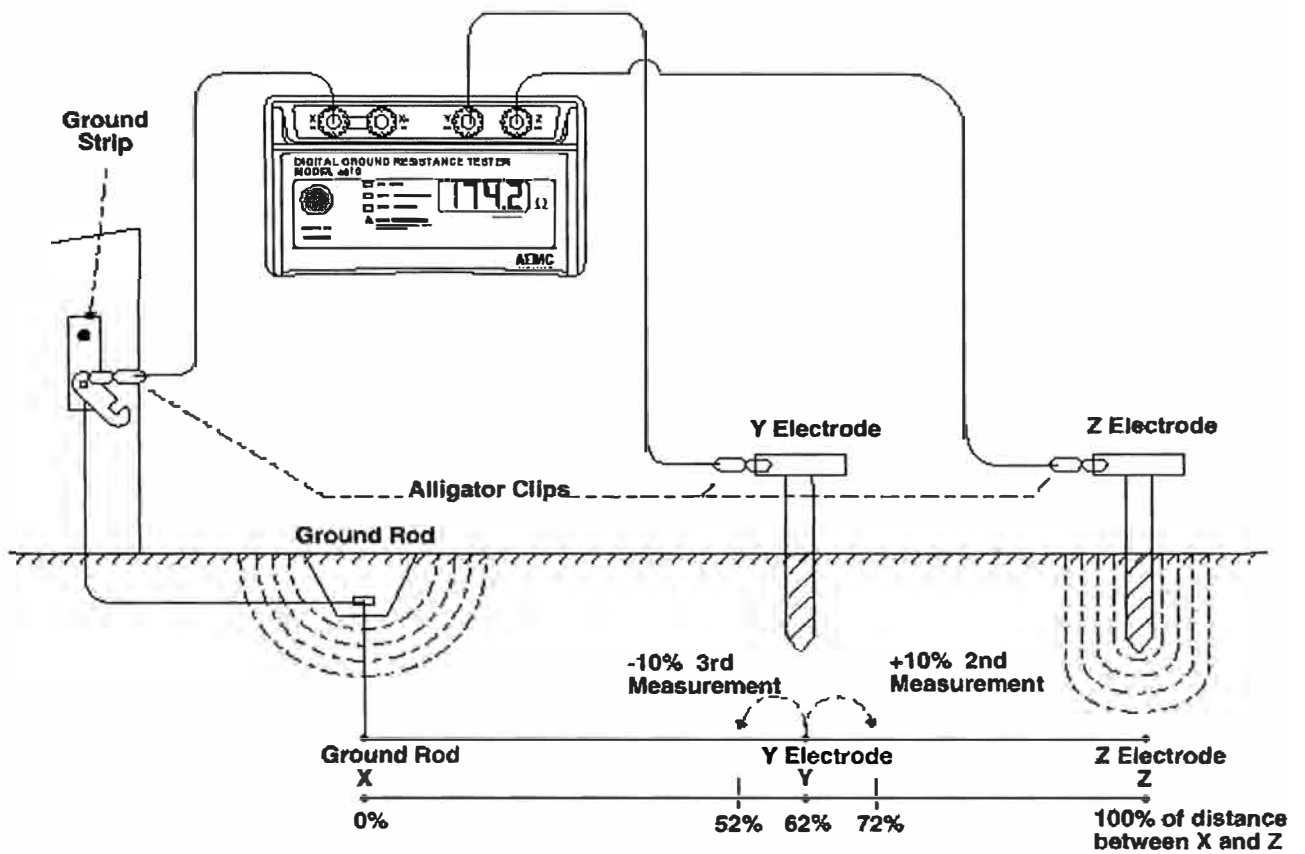


Figura 5.6. Método de la Regla del 62%

**Notas:**

- C1 : Ground Rod.  
 P2 : Y Electrode.  
 C2 : Z Electrode.

## **CAPÍTULO VI APLICACIONES Y RECOMENDACIONES**

Como se ha visto en los capítulos anteriores, Puesta a Tierra significa el aterramiento físico o la conexión de un equipo a través de un conductor hacia tierra.

La tierra está compuesta por muchos materiales, los cuales pueden ser buenos o malos conductores de la electricidad pero, la tierra como un todo es considerada un buen conductor; por esta razón y como punto de referencia, al potencial de tierra se le asume cero asimismo la resistencia de un electrodo de tierra medido en ohmios, determina que tan rápido, y a que potencial, la energía se equipara. De esta manera, la puesta a tierra es necesaria para mantener el potencial de los objetos al mismo nivel de tierra.

Tanto la temperatura como la humedad del suelo pueden variar significativamente el valor de la resistencia del suelo, la resistividad del suelo no varía significativamente hasta que las temperaturas alcanzan las condiciones de congelamiento (unos 32° F); a esta temperatura la humedad en el suelo se congelará aumentando la resistividad del suelo.

La acumulación de sales en el suelo también influye su resistencia es decir entre mayor cantidad de sales o electrolitos contenga el suelo, menor será su resistencia.

Todos los objetos metálicos en los locales que tienen conductores eléctricos o que es probable sean energizados por corrientes eléctricas (p.e., fallas en circuitos, descargas electrostáticas, descargas eléctricas) deben conectarse con efectividad a tierra por razones de seguridad del personal, reducción del peligro de incendio, protección de los equipos mismos y el funcionamiento.

Al poner sólidamente a tierra estos objetos metálicos se facilitará la operación del dispositivo de sobrecorriente (fallas a tierra) y se permitirá que las corrientes de retorno desde los filtros y de los supresores, conectados línea-a-tierra o línea-a-carcasa (masa), fluyan en forma correcta.

### **6.1 Factores a tener en cuenta.**

- Peligros al personal.
- Posibles pérdidas de producción, incluyendo pérdidas indirectas y secundarias.
- Posibles daños y costos de reparación..
- Valor y la naturaleza de la estructura y sus partes.
- Frecuencia de los truenos y los rayos (mapa isocerámico).
- Número y severidad de los rayos por tormenta.
- Costo de la protección..

### **6.2 Donde se requiere.**

- Aparatos eléctricos de fábricas y residencias para más de 50 voltios.
- En sistemas de corriente continua.
- Centro de la estrella en generadores y transformadores.
- Pararrayos.
- Torres de líneas de transmisión y de comunicaciones.
- Sitios de cargue y descargue de combustibles.
- Máquinas que generen electricidad estática.
- Áreas de atención crítica en hospitales.
- Herramientas eléctricas portátiles.

### **6.3 Donde no se requiere.**

- Equipos con doble aislamiento.
- Sistemas de iluminación que trabajen a menos de 30 voltios.
- Sistemas de muy baja tensión.

### **6.4 Clasificación de las Puestas a Tierra**

La Normativa Internacional sobre el tema califica las redes de tierra en:



#### **6.4.1 Puesta a Tierra de protección (para equipos):**

Se encuentran en esta clasificación TODAS las conexiones llevadas a cabo para conectar eléctricamente al suelo las partes de las instalaciones eléctricas que a pesar de no encontrarse sujetas a tensión normalmente, pueden llegar a tener diferencias de potencial a causa de fallas accidentales. Este es el caso de cubiertas de máquinas eléctricas, tableros eléctricos, tanques de transformadores, interruptores, estructura metálica de subestaciones o de líneas de transmisión.

#### **6.4.2 Puesta a Tierra de servicio (para sistemas eléctricos):**

Son aquellas que establecen una conexión eléctrica entre puntos específicos del sistema eléctrico y la tierra, para mejorar el funcionamiento del mismo y/o para mayor seguridad o regularidad en la operación.

- Neutro de los Generadores.
- Los devanadores de los transformadores.
- La conexión de los pararrayos.
- La conexión de los transformadores de potencial.
- La conexión de los transformadores de corriente.

#### **6.4.3 Puesta a Tierra temporales (para trabajos de mantenimiento):**

Una de las funciones de las conexiones a tierra es aterrizar las cargas inducidas y/o de estática; sucede con frecuencia que durante el desarrollo de actividades de mantenimiento, remodelaciones, reparaciones, etc. es necesario efectuar conexión a tierra temporalmente a partes del sistema que estén fuera de servicio a fin de que sean accesibles sin peligro para los trabajos a realizarse.

En cualquiera de los casos de puesta a tierra mencionados anteriormente no se deben exceder las tensiones de seguridad establecidas e indicadas para el caso correspondiente.

### **6.5 Recomendaciones para reducir riesgos en instalaciones eléctricas.**

#### **6.5.1 Adoptar y cumplir algún método de protección, o una combinación válida de ellos como:**

- Muy baja tensión de protección.
- Doble aislamiento.

- Transformador de aislamiento.
- Tierra de protección.
- Neutro como conductor de protección.
- Protección por tensión de falla.
- Protección por corriente de falla.

**6.5.2 Efectuar un correcto mantenimiento de la instalación, no sólo desde el punto de vista funcional, sino también contemplando el aspecto de la seguridad.**

- Control de aislamiento.
- Control de protecciones mecánicas de conductores.
- Control de protecciones eléctricas, especialmente fusibles, ya que pueden ser recargados o sustituidos por calibres mayores.
- Control de resistencia de puesta a tierra.
- Control de continuidad de los conductores de protección o unión a tierra.
- Capacitación del personal.

**6.5.3 Tan importante como el correcto mantenimiento es un buen diseño de la instalación. A continuación se enuncian algunos puntos claves para la seguridad.**

- Elección correcta del factor de simultaneidad.
- Correcto dimensionamiento de la PAT, considerando posibles aumentos de la potencia de cortocircuito durante la vida útil de la instalación, y la agresividad del terreno.
- Eliminación de riesgos de electricidad estática.
- Eliminación de riesgos de descargas atmosféricas.
- Uso de cables especiales allí donde la aplicación lo requiera: antillama, no generador de gases tóxicos, no generador de gases corrosivos, inmunes a los ataques de diversos agentes químicos, etc.
- Uso de transformadores secos.
- Prever los puntos de uso de energía, para evitar el uso de prolongaciones.
- Tener en cuenta al elegir el equipamiento, el ambiente de trabajo: temperatura, humedad, ataque químico, ambiente explosivo, roedores, etc.

## **6.6 Consecuencias de no tener un sistema de Puesta a Tierra:**

### **6.6.1 Discontinuidad del servicio.**

Durante muchos años se ha considerado que la operación sin conectar a tierra a uno o mas niveles de tensión permite mas continuidad de servicio, pues el contacto a una fase a tierra no se traduce en desconexión de carga; la experiencia ha demostrado sin embargo, en algunos sistemas, que se puede alcanzar mayor continuidad con sistemas cuyo neutro se pone a tierra.

### **6.6.2 Fallas múltiples a tierra.**

Aunque en el sistema aislado de tierra un contacto a tierra no desconecta el circuito, se corre el peligro de ignorarlo hasta que ocurre un segundo contacto y haga necesario llevar a cabo reparaciones para restablecer el servicio. En este tipo de sistemas es por lo tanto esencial mantener programas de mantenimiento y dispositivos de vigilancia que detecten tales situaciones. La experiencia, por otra parte, demuestra que rara vez se tiene fallas múltiples en sistemas con puesta a tierra.

### **6.6.3 Incendios por arcos.**

Se presentan especialmente en sistemas de baja tensión y conducen a veces a una destrucción completa del equipo.

### **6.6.4 Dificil localización de fallas.**

Es una tarea que puede dificultarse en sistemas no puestos a tierra, y que si no se dispone de aparatos especiales obliga a hacer interrupciones sucesivas hasta encontrar el circuito fallado.

### **6.6.5 Tensiones anormales sin control.**

Las sobretensiones que pueden presentarse en un sistema no puesto a tierra pueden ocasionar fallas mas frecuentes en el equipo que si el sistema estuviera a tierra. Aunque las tensiones sostenidas o transitorias no causen la falla inmediata del aislamiento pueden reducir su vida.

### **6.6.6 Sobretensiones del sistema de potencia.**

Algunas de las más comunes fuentes de sobretensiones en un sistema de potencia son las siguientes:

- Descarga Atmosférica

- Sobretensiones de Maniobra
- Estática
- Contacto con sistema de tensión mayor
- Fallas línea a tierra
- Condiciones de Resonancia
- Reencendido de fallas a tierra

#### **6.6.7 Incremento de costos.**

Dependiendo de la tensión, y también de si el sistema que se va a poner a tierra ya existe o es nuevo, los sistemas puestos a tierra pueden costar lo mismo o más que los sistemas no puestos a tierra.

#### **6.6.8 Seguridad.**

Independiente de que el sistema sea o no-puesto a tierra, las consideraciones de seguridad exigen la puesta a tierra completa de equipos y estructuras; no hacerlo o hacerlo en forma inapropiado, puede conducir a grandes peligros a la vida o la propiedad.

## CONCLUSIONES

- 1.- El principal objetivo de tener un Sistema de Puesta a Tierra es la de la Protección del Personal.
- 2.- La longitud de los electrodos es un factor muy importante ya que puede hacer muy caro e ineficiente a un sistema de tierras.
- 3.- Los sistemas de PAT deberán de ser de muy baja impedancia para tener un sistema confiable y seguro.
- 4.- La protección contra sobretensiones transitorias debe responder a las mejores expectativas de los usuarios mediante limitadores unipolares y multipolares en redes de distribución y una gama de limitadores de sobretensión destinados a las redes de comunicación.
- 5.- El sistema de puesta a tierra será eléctricamente continuo y tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito.
- 6.- Un buen aterramiento brinda a los TVSS un punto de referencia para su enclavamiento y función, sin un buen aterramiento éste podría activarse muy rápido o muy tarde.
- 7.- El eliminar la sobretensión trasiente:
  - Reduce costos de operación
  - Reduce costos de reparación y mantenimiento, así como evita tener que poner fuera de servicio un dispositivo por mucho tiempo.
- 8.- Un supresor de sobretensión no es una póliza de seguro, sino que es una *garantía para* que un sistema no tenga problemas. Las pólizas de seguro cubren costos de la reparación

después del fracaso, no las pérdidas relacionadas con poner al sistema fuera de servicio, las cuales pueden exceder los costos de la reparación.

9.- Evaluando sistema de costo global y la inversión, está claro que un equipo de supresión de sobretensión debe volverse una parte integral de cualquier sistema electrónico.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### **1.- INTERNATIONAL STANDARD. IEC 61024-1. 1990-03**

***"Protección de estructuras contra los rayos. Parte 1: Principios generales"***.

#### *2.3.1 General*

Desde el punto de vista de la protección contra rayos, es preferible un sistema único integrado de terminación en tierra, adecuado para todos los fines (o sea, protección contra rayos, sistemas electroenergéticos de baja tensión, sistemas de telecomunicaciones).

Los sistemas de terminación en tierra que deben estar separados por otras razones, se conectarían al integrado por enlaces equipotenciales de acuerdo con la Sub-cláusula 3.1.

#### *3.1.1 General*

La equipotencialización es una medida muy importante para reducir los peligros de incendio, explosión y la amenaza a la vida en el espacio a proteger.

La equipotencialización se alcanza por medio de conductores de enlace o supresores de impulsos que conectan el sistema de protección contra rayos, la armadura metálica de la estructura, la instalación metálica, las partes conductoras extrañas y las instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones dentro del espacio a proteger.

### **2. INTERNATIONAL STANDARD. IEC 61024-1-2. 1998-05**

***"Protección de estructuras contra los rayos. Parte 1-2: Principios generales. Guía B - Diseño, instalación, mantenimiento e inspección de sistemas de protección contra rayos"***.



### *2.4.1.1 General*

Desde el punto de vista de la protección contra rayos, es preferible un sistema único integrado de terminación en tierra, adecuado para todos los fines (o sea, protección contra rayos, sistemas eléctricos de baja tensión, sistemas de telecomunicaciones).

## **3. USA STANDARD. ANSI/NFPA 78. 1986**

### ***"Código de protección contra rayos"***

#### *3.14 Puesta a tierra común*

Todos los medios de puesta a tierra en una estructura, o sobre ella, se interconectarán para proporcionar un potencial común a tierra. Esto incluirá las tierras de la protección contra los rayos, el servicio eléctrico, teléfono y antenas, así como los sistemas de tuberías metálicas soterradas.

## **4. USA STANDARD. ANSI/NFPA 75. 1992**

### ***"Protección de equipos electrónicos de computación y procesamiento de datos"***

#### *Apéndice B. 645-4 Puesta a tierra*

Todas las partes metálicas expuestas no-portadoras de corriente de un sistema de procesamiento de datos se conectarán a tierra de acuerdo con el Artículo 250 (Nota del Autor: Artículo del NFPA 70).

## **5. CSA STANDARD. C22.1 - 1990**

### ***Código Eléctrico Canadiense. Parte 1. Décimo sexta edición.***

#### ***Norma de Seguridad para Instalaciones Eléctricas.***

##### *10-206 Conexiones a tierra para sistemas segregados*

(b) Si se emplean dos sistemas o más, se instalará un conductor de puesta a tierra común aménos que se provea una tierra segregada para cada sistema, en cuyo caso se interconectarán las tierras de los sistemas individuales.

##### *10-406 Equipos no-eléctricos (ver Apéndice B)*

En salas de computadoras y lugares similares que tienen pisos elevados con soportes metálicos, al menos cada cuarto pedestal se conectará a tierra por un conductor de cobre No. 6 AWG o equivalente.

*10-706 Espaciamiento o interconexión de los sistemas eléctricos y de protección contra rayos.*

Donde sea factible, se proveerá una separación no menor de 2 m entre los conductores de pararrayos y los conductores y equipos eléctricos, pero si esta separación no fuese posible, los electrodos de tierra para los dos sistemas se interconectarán, al nivel del terreno o por debajo de él.

*10-710 Uso de conductores de pararrayos.*

Los conductores de pararrayos y las tuberías y varillas hincadas, u otros electrodos, excluidos los sistemas de tuberías metálicas hidráulicas soterradas, utilizados para la conexión a tierra de pararrayos, no se usarán para la puesta a tierra de sistemas de cableado u otros equipos eléctricos.

## **6. BRITISH STANDARD. BS6651. 1992**

***"Código de la práctica para la protección de estructuras contra los rayos".***

### **2.1.12 Electrodo de tierra en anillo.**

Un electrodo de tierra que forma un lazo cerrado alrededor de la estructura, por debajo de la tierra o su superficie, o dentro de los cimientos o bajo ellos.

### **2.1.17 Equipos electrónicos**

Equipos de comunicaciones, telemetría, computación, sistemas de control e instrumentación, y equipos electrónicos de potencia y equipos similares que tienen incorporados componentes electrónicos.

## **16.3 Red común para todos los servicios**

Se recomienda una red común de terminación en tierra para el sistema de protección contra los rayos y para todos los demás servicios. Debe estar de acuerdo con las recomendaciones de este código y debe cumplir también todas las

regulaciones aplicables a los servicios involucrados. La resistencia a tierra, en este caso, debe tener el valor más bajo requerido para cualquiera de los servicios individuales.

## **7. BRITISH STANDARD. BS7671. 1992**

### ***"Requisitos para las instalaciones eléctricas"***

Regulaciones para el sistema de alambrado, Decimosexta edición. Institución de Ingenieros Electricistas.

#### **413-02 Protección por conexión equipotencial a tierra y desconexión automática del suministro**

**413-02-01** Esta medida se aplicará de acuerdo con los requisitos para el tipo usado de puesta a tierra del sistema:

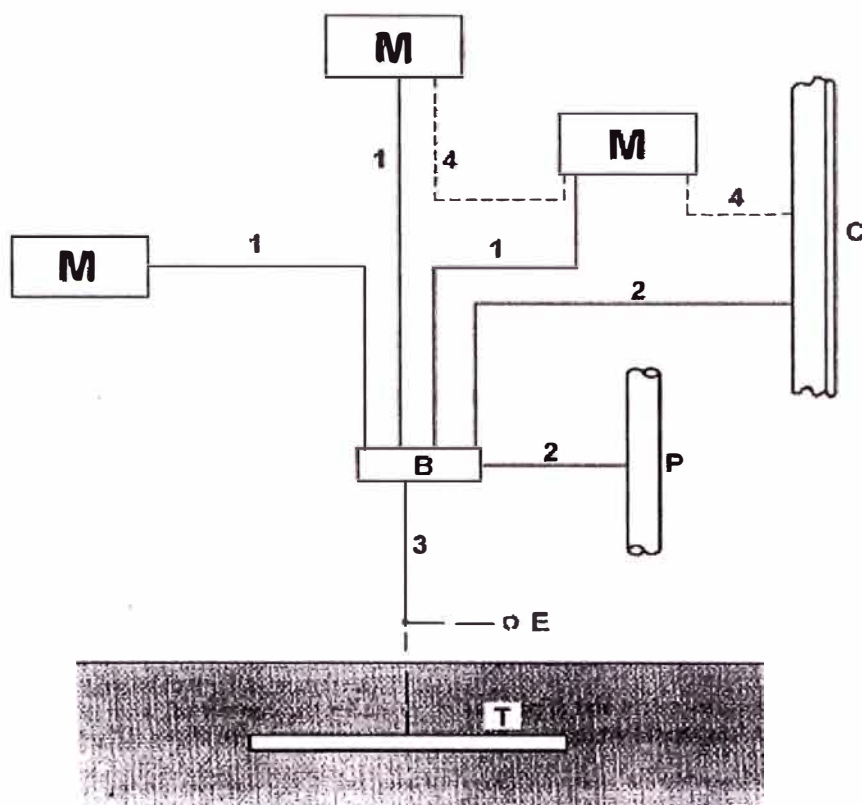
- i.- Sistemas TN: Regulaciones 413-02-06 a 413-02-17.
- ii.- Sistemas TT: Regulaciones 413-02-18 a 413-02-20.
- iii.- Sistemas IT: Regulaciones 413-02-21 a 413-02-26.

**413-02-02** En cada instalación, los conductores principales de conexión equipotencial que cumplan con la Sección 547 se conectarán al s.p.t. para aquellas partes conductoras extrañas de la instalación, incluidas las siguientes:

- i.- Tuberías del servicio de agua.
- ii.- Tuberías de la instalación del gas.
- iii.- Tuberías y conductores de otros servicios.
- iv.- Sistemas centrales de calefacción y acondicionamiento de aire.
- v.- Partes metálicas estructurales expuestas del edificio.
- vi.- Sistema de protección contra rayos.

Donde una instalación sirva a más de un edificio, el requisito anterior se aplicará a cada edificio.

Para cumplir con las regulaciones es también necesario aplicar la conexión equipotencial a toda cubierta metálica de un cable de telecomunicaciones. Sin embargo, se obtendrá el consentimiento del propietario u operador del cable.



**542-01-06** Las configuraciones de puesta a tierra se pueden usar conjuntamente o por separado con fines de protección y funcionales, según los requisitos de la instalación.

#### **542-04 Terminales o barras principales de puesta a tierra**

**542-04-01** En toda instalación se proveerá un terminal principal de puesta a tierra para conectar al conductor de tierra lo siguiente:

- i.- Los conductores de protección de los circuitos.
- ii.- Los conductores equipotenciales principales.
- iii.- Los conductores de puesta a tierra funcional (si son necesarios).
- iv.- El conductor de conexión (de haberlo) al sistema de protección contra rayos.

**545-01-01** Donde se especifique una tierra "limpia" (ruido bajo) para un equipo en particular, se consultará al fabricante del equipo para confirmar que las configuraciones descritas en la Sección 607 son adecuadas para fines funcionales.

## **8. BRITISH STANDARD. BS6701. 1994**

### ***"Código de la práctica para la instalación de aparatos destinados a conectarse a ciertos sistemas de telecomunicación"***

#### **7.10 Conexiones de puesta a tierra**

**Nota:** Los requisitos de conexión a tierra en las facilidades dependerán del tipo de aparato a instalar.

##### **7.10.1 Grupos de puesta a tierra**

###### **7.10.1.1 Las puestas a tierra se pueden separar en los dos grupos siguientes:**

- a.- Puesta a tierra de protección.
- b.- Puesta a tierra funcional.

###### **7.10.1.2 La tierra de protección se proporciona para la seguridad de acuerdo con BS 7671: 1992.**

###### **7.10.1.3 La puesta a tierra funcional usada para las telecomunicaciones se puede proporcionar para uno de los fines siguientes, o más de uno:**

- a.- Señalización.
- b.- Supresión de impulsos de sobre-tensiones.
- c.- Referencia de tensión respecto a tierra.
- d.- Supresión de ruido.
- e.- Desconexión de los suministros de corriente continua en condiciones de falla (ver párrafo 2 de 7.10.3.2).

##### **7.10.2 Tierra de protección (PE)**

Un conductor de tierra de protección de sección adecuada se ha de conectar, según BS 7671: 1992, entre cualesquiera partes de equipos energizados eléctricamente que necesiten dicha conexión y el terminal principal de tierra (de los consumidores) de la instalación eléctrica.

**Nota 1:** Esta conexión se puede hacer por medio de enchufe y receptáculo.

**Nota 2:** Algunos diseños de aparatos pueden utilizar este conductor para la operación de fusibles de C.C. de baja tensión y otros dispositivos de sobrecorriente; en este caso, es esencial que el conductor sea de capacidad adecuada para satisfacer las exigencias térmicas durante las fallas.

### **7.10.3 Tierra funcional (FE)**

**7.10.3.1** La FE se debe conectar a tierra solamente en uno de los casos siguientes:

- a.- El terminal principal de tierra de los consumidores.
- b.- Un terminal funcional de tierra remoto conectado directamente a a) por medio de un conductor dimensionado según 7.10.3.2 o no menor que el tamaño de conductor especificado por el fabricante del aparato a conectar, cualquiera que sea el mayor.
- c.- Un terminal de tierra en un panel principal de distribución de fuerza, proporcionado de acuerdo con BS7671: 1992.
- d.- Un terminal externo de la FE conectado a c).
- e.- Un sistema enterrado de electrodos de tierra, como se recomienda en BS7430.

En algunas instalaciones grandes, el tamaño especificado de conductor de la FE puede ser mayor que el tamaño del conductor PE en el panel principal de distribución de fuerza. En estos casos, los conductores de la FE se han de cablear como en a) o b) anteriores.

Las conexiones a tierra en c) y entre c) y d) deben ser hechas por una persona competente, quien debe certificar según BS7671: 1992, que los tamaños usados de los cables están de acuerdo con 7.10.3.2 o son de un tamaño no menor que el especificado por el fabricante de los aparatos a conectar.

Si se usa la opción e), se debe proporcionar un conductor de enlace entre el sistema de electrodos de tierra y el terminal principal de tierra de los consumidores, de acuerdo con BS7671: 1992.

Se han de evitar las conexiones entre la PE y la FE en otros lugares que no sean en la conexión a tierra. Esto reconoce que algún aparato aprobado proporciona dichas conexiones y, en algunos casos, la conexión PE se utiliza para proteger sistemas públicos de telecomunicaciones contra tensiones excesivas.

El conductor FE no se debe usar con fines de PE.

Si existe más de un edificio dentro de una facilidad, los aparatos (instalados en un edificio) que exigen un conductor FE deben conectarse al conductor FE en ese edificio; este conductor FE debe conectarse como se señaló en 7.10.3.1. No se recomienda el uso de una FE proporcionada por medio de un cable inter-edificios, porque pudiera ocurrir la posibilidad de un lazo grande de tierra o corrientes de falla.

Nota 2: En circunstancias excepcionales, la conexión al terminal principal de tierra o al panel principal de distribución de tierra, de los consumidores, pueden conducir a dificultades operacionales con los aparatos de las telecomunicaciones.

Nota 3: Determinado aparato puede estar diseñado de manera que el conductor PE se use para los fines de la tierra funcional.

**7.10.3.2** El conductor FE debe ser un alambre de cobre con aislamiento de una sección mínima de 1.5 mm<sup>2</sup>

**7.10.3.3** En el terminal principal de tierra o en el panel principal de distribución de potencia, de los consumidores, un conductor FE ha de estar identificado con claridad. Se recomienda que se use una etiqueta permanente en el punto de conexión con las palabras "TIERRA DE TELECOMUNICACIONES. NO REMOVER".

**7.10.3.4** El conductor FE debe conectar el terminal principal de tierra, el panel principal de distribución de tierra o el sistema de electrodos de tierra, de los consumidores, a los puntos siguientes:

- a.- Los terminales de tierra de todos los dispositivos de protección que forman parte de los aparatos de telecomunicaciones no conectados a tierra según 7.10.2.
- b.- El terminal de tierra en el punto de distribución del piso (PDP), excepto en el caso de conductores FE desde un PDP a estaciones de terminación que tengan una sección inferior a 1.5 mm<sup>2</sup>.
- c.- El terminal de tierra de telecomunicaciones del aparato central y de todo aparato auxiliar (pero no estaciones de terminación).
- d.- La carcasa conductora de todo aparato o cualquier parte metálica de aparatos de telecomunicaciones que no esté conectada a tierra según 7.10.2.

## **9. USD STANDARD. ANSI/IEEE STD. 80-1986**

### ***"Guía para la seguridad en la puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna"***

#### **16.7 Nota sobre tierras segregadas y comunes**

La práctica de tener tierras segregadas dentro del área de la subestación se utiliza muy raramente por las razones siguientes:

- 1.- Se producen resistencias mayores para ambas tierras, la de seguridad (segregada) y la del sistema, que la que se obtendría con una tierra uniforme única.

- 2.- En el caso de fallas en el aislamiento en la subestación, pudieran fluir corrientes altas en la tierra de seguridad.
- 3.- Debido al alto grado de acoplamiento entre electrodos segregados en la misma área, no se lograría el objetivo de la seguridad (el de mantener baja la resistencia de la tierra de seguridad para las fallas de línea).
- 4.- Serían posibles a menudo potenciales peligrosos entre puntos cercanos puestos a tierra, porque es posible la falta de acoplamiento de las tierras segregadas, al menos en alguna medida.

## **10. USA STANDARD. ANSI/IEEE STAD. 602-1986**

***"Práctica recomendada para los sistemas eléctricos en las facilidades del cuidado de la salud"***

### **6.7.2 Puesta a tierra**

La puesta a tierra proporciona una trayectoria de impedancia baja para conducir con seguridad las corrientes de falla o las corrientes de fuga de vuelta a la fuente. Es también un medio de interconectar todas las superficies conductoras para que sean mínimas las diferencias de potencial entre esas superficies. Una puesta a tierra buena es más esencial en las facilidades de cuidado de la salud que en otros lugares, por la vulnerabilidad de los pacientes.



## ANEXO B

### 1. USA STANDARD. ANSI/IEEE STD 1100-1992

*"Práctica recomendada para la energización y puesta a tierra de equipos electrónicos sensibles".*

#### 7.5.4 Discontinuidad de las tierras

##### **Problema 1:** Sistemas segregados de puesta a tierra

En una zona con tormentas diarias de corta duración con rayos, en un gran edificio de oficinas ocurría que las computadoras funcionaban erráticamente. Los conductores de tierra de todas las computadoras en el edificio estaban aislados de todos los demás conductores (de tierra), conectados conjuntamente a una barra en un solo lugar y desde aquí llevados fuera del edificio a un sistema de electrodos de tierra. Este sistema segregado consistía en seis varillas hincadas en la tierra lejos del edificio, las mediciones del monitor de la calidad de la energía eléctrica indicaron que se estaban desarrollando tensiones entre el sistema de tierra del edificio y el de tierra segregado para las computadoras.

*Un análisis basado en el Código mostró que la configuración de las tierras era una violación del NEC y constituía un problema para la seguridad.*

##### **Solución.**

El fabricante de las computadoras fue persuadido de permitir la conexión del sistema de tierra de las computadoras al sistema de tierra del edificio. Cesó de inmediato la operación errática de las computadoras y se eliminó el peligro a la seguridad.

## **ANEXO C**

### **"INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOCALES PELIGROSOS" - 1988**

Peter J. Schran and Mark W. Earley

National Fire Protection Association

#### **2-7 Puesta a tierra e interconexión**

La puesta a tierra y la interconexión son necesarias para la seguridad eléctrica en lugares no peligrosos y también en los peligrosos. En los locales peligrosos es vital que la puesta a tierra y la interconexión sean buenas para prevenir una explosión.

#### **3-1.1.4 Puesta a tierra**

La interconexión de las tuberías en los equipos del proceso puede resultar crítica. El flujo de fluidos a través de tuberías, mangueras, etc., puede generar electricidad estática. Las cargas estáticas se compensan cuando todos los sistemas de tuberías y otros componentes se conectan unos con otros, de lo contrario se pueden acumular cargas eléctricas significativas y la disipación rápida de tal carga puede incendiar el fluido y causar una explosión.

#### **5-2 Protección contra rayos**

La conexión de los cuerpos metálicos, soterrados o no, al sistema de protección contra rayos es necesaria para reducir la posibilidad de una descarga lateral. La conexión de estos cuerpos metálicos igualará el potencial entre ellos.

## ANEXO D

**UK MANUFACTURER. WJ FURSE & CO. LTD**

**Electronic Systems Protection Division**

*"Manual. Una guía para la protección de los equipos electrónicos de los rayos y las sobretensiones transitorias".*

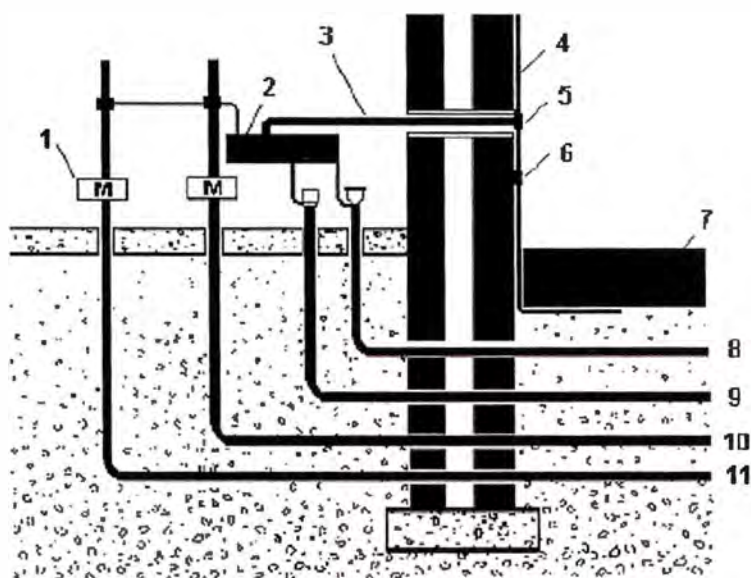
### **Sección 4. Consideraciones básicas y técnicas de protección**

#### **Puesta a tierra e interconexiones**

Todos los servicios entrantes (tuberías de agua y de gas, cables de fuerza y de datos) deben conectarse a un punto único de referencia de tierra. Esta barra de conexión equipotencial puede ser la tierra electroenergética, una plancha metálica, o un conductor en anillo interno / conductor en anillo parcial dentro de las paredes exteriores. Cualquiera que sea la forma que adopte, esta barra de conexión equipotencial debe conectarse a los electrodos del sistema de puesta a tierra.

Todas las tuberías metálicas, cables eléctricos y de datos deben, siempre que sea posible, entrar o salir del edificio en el mismo punto, de modo que ellos y sus armaduras se puedan conectar al terminal principal de tierra en este punto único (ver Figura D1). Esto minimizará las corrientes de los rayos dentro del edificio.

Si los cables eléctricos o de datos pasan entre edificios adyacentes, los sistemas de puesta a tierra deben interconectarse, con lo que se crea una referencia única de tierra para todos los equipos. Un número grande de conexiones paralelas entre las tierras de los dos edificios es deseable, al reducirse las corrientes en cada cable de conexión individual. Esto se puede lograr con la utilización de un sistema mallado de puesta a tierra.



1. Metro	2. Barra de tierra
3. Puente de unión entre la barra principal de tierra y la protección de pararrayos	4. Conductor de pararrayos
5. Grapa de conexión	6. Unión de prueba
7. Protección de pararrayos. Terminación de la red de tierra	8. Servicio telefónico
9. Cable de electricidad	10. Agua
11. Gas	

Fig. D.1 : Interconexiones de Puesta a Tierra

## ANEXO E

### TECNOLOGIAS DE SUPRESORES

Diversas tecnologías son utilizadas bajo la categoría “Sobrevoltage transitorio ó supresión de energía”. Cualquier supresor o sistema de supresión utilizado para proteger equipos computarizado u otra clase de equipos que se basen en microprocesadores deberían ser medidos contra los seis criterios enlistados.

### *TUBOS DE DESCARGA DE GAS (120VRMS)*

Tiempo de respuesta	10 - 500 micro segundos
Nivel de protección de voltaje	400 - 1200 Volts
Poder de disipación	Aceptable
Operación libre de disturbios	No:cortos de línea
Confiabilidad	Degradaciones por uso
Vida operativa	25 - 2 500 de energías

### *VARISTORES DE OXIDO DE METAL (120VRMS)*

Tiempo de respuesta	35 - 50 nano segundos
Nivel de protección de voltaje	300 - 1000 Volts
Poder de disipación	Aceptable

Vida operativa

Degradación por uso

***DIODOS DE AVALANCHA DE SILICIO (120VRMS)***

Tiempo de respuesta

5 nanosegundos

Nivel de protección de voltaje

220 - 400 Volts

Poder de disipación

Aceptable

Operación libre de disturbios

Aceptable

Confiability

Aceptable

Vida operativa

No hay degradación

## ANEXO F

### ESTANDARES DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA TRANSITORIOS

Estándar	Fecha de Revisión	Propósito	
UL 1449	2da edición. 1996	Pruebas de Seguridad	Especifica materiales y métodos de construcción seguros para ofrecer seguridad de producto para dispositivos de protección contra transitorios utilizados en líneas de alimentación CA.
		Prueba de Sobrecorriente	Revisa los valores nominales de tensión transmitida utilizando ondas de prueba de pequeña "sobrecorriente". Observación: Este estándar no requiere de una prueba de sobrecorriente máxima ni de probar el desempeño de los dispositivos de protección contra transitorios.
UL 497, 497A, 497B	Varias	Estándar de seguridad para protectores primarios en líneas telefónicas, bucles de señales aislados y protección contra transitorios que se utilizan en líneas de comunicación/datos. No se efectúan pruebas de desempeño en línea de comunicación/datos.	
ANSI/IEEE C62.41	1991	El documento ANSI "Práctica Recomendada en Sobretensiones en Circuitos de Potencia CA de Baja Tensión" define las pruebas de sobretensión recomendada.	
IEEE 1100	1992	Este Libro Esmeralda, intitulado "Práctica Recomendada para Alimentación y Conexión a Tierra de Equipo Electrónico Sensible" es el libro de referencia estándar para soluciones de calidad de energía a escala de una planta.	
NEMA LS-1	1992	Guía del Comité Técnico de NEMA para especificación de dispositivos de protección contra transitorios, incluyendo parámetros físicos y operativos.	
NFPA 780	1992	Recomendaciones de Código de Protección contra Rayos para el uso de dispositivo de protección contra transitorios en la acometida de una instalación.	

## ANEXO G

### GRADO DE PROTECCIÓN IP

- IP (Ingress Protection) es un sistema que por medio de una clasificación numérica, permite indicar los grados de protección que brinda un determinado envoltente.
- La 1º Cifra (ejemplo: IP6\_) comunica el grado de protección contra el polvo (6 significa totalmente protegido contra polvo, como está especificado en la siguiente tabla)
- La 2º Cifra (ejemplo: IP\_5) comunica el grado de protección contra la penetración de agua (5 significa protegido contra chorros de agua, como está especificado en la siguiente tabla)

Definición del Primer Dígito - Grado de Protección Contra el Contacto y Cuerpos Sólidos Externos		Definición del Segundo Dígito -Grado de Protección Contra Líquidos	
0	Sin Protección, Sin Protección Especial.	0	Sin Protección, Sin Protección Especial
1	Protegido frente a objetos sólidos de 50 mm de diámetro y mayores. Protegido contra contacto con una larga superficie del cuerpo humano tal como la mano (no hay protección contra acceso deliberado).	1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua.
2	Protegido frente a objetos sólidos de 12,5 mm de diámetro y mayores. Protegido contra contacto con los dedos u otros objetos que excedan 80 mm de largura.	2	Protegido contra gotas de agua cayendo a 15º de la vertical.
3	Protegido frente a objetos sólidos de 2,5 mm de diámetro y mayores. Protegido contra contacto con herramientas, cables, etc. de diámetro o grosor mayor que 2,5 mm.	3	Protegido contra agua en espray cayendo a 60º de la vertical.
4	Protegido frente a objetos sólidos de 1 mm de diámetro y mayores. Protegido contra contacto con cables o alambres de un grosor mayor que 1,0 mm.	4	Protegido contra salpicaduras de agua. El equipo no es afectado cuando se proyecta agua desde todas las direcciones contra la envoltura inclinada desde su posición normal a un ángulo menor o igual a 15º.
5	El envoltente no ofrece completa protección contra el ingreso de polvo. Sin embargo, no permite el ingreso de suficientes partículas de polvo que puedan interferir con la operación del equipo.	5	Protegido contra los chorros de agua. agua proyectada por una manguera desde todas las direcciones contra la envoltura, no tiene efecto dañino.
6	Totalmente protegido contra el polvo - no permite el ingreso de polvo.	6	Protegido contra los embates del mar. La envoltura protege contra la entrada de cantidades de agua proveniente de las olas del mar o de chorros fuertes, que pueden ser perjudiciales para el equipo.
		7	Protegido contra los efectos de la inmersión. La envoltura protege contra el ingreso de agua en grandes cantidades, cuando ésta se inmerse en agua bajo condiciones de presión y tiempo definidas.
		8	El equipo está protegido contra los efectos de sumersión continua en agua, bajo ciertas condiciones especificadas por el fabricante.



El significado de la prueba y las condiciones principales de la prueba de protección contra agua (2º cifra) están definidos a seguir:

**Significado de la Prueba.-** Una manguera de agua con un diámetro de 6.3 mm es ubicada de 2,5m a 3m de distancia de la envoltura bajo prueba

**Flujo de agua.-** 12.5 l/min  $\pm$ 5%

**Duración de la Prueba.-** 1 min/m<sup>2</sup>, por lo menos 3 min.

**Condiciones de las Pruebas.-** La prueba consistirá en proyectar agua a la envoltura desde todas las direcciones posibles.

## ANEXO H

### EJEMPLOS DE GUIAS DE SELECCIÓN DE TVSS's

<b>DESCARGADOR COMBINADO (encapsulado)</b>												
Producto	Ejecución	Max. tensión permisible de servicio U <sub>c</sub>	Poder de derivación I <sub>imp</sub> (10/350)	Nivel de protección U <sub>p</sub>	Capacidad de apagado corriente sucesiva de red I <sub>q</sub>	Fusible máx. paralelo / serie	Dimensiones	Coordinación energética	Pág.	Tipo	Art. Nº.	
DEHNventil TNC	3-polos	255 V ac	75 kA	< 1,5 kV	50 kA <sub>eff</sub>	315*/125	6 TE	directamente con	30	DV TNC 255	900 373	
DEHNventil TNS	4-polos	255 V ac	100 kA	< 1,5 kV	50 kA <sub>eff</sub>	315*/125	8 TE	descargadores de	31	DV TNS 255	900 374	
DEHNventil TT	4-polos	255 V ac	100 kA	< 1,5 kV	50 kA <sub>eff</sub>	315*/125	8 TE	clase C y D, incluso	32	DV TT 255	900 375	
DEHNventil 2P TN	2-polos	255 V ac	50 kA	< 1,5 kV	50 kA <sub>eff</sub>	315*/125	6 TE	para protección final	34	DV 2P TN 255	900 371	
DEHNventil 2P TT	2-polos	255 V ac	50 kA	< 1,5 kV	50 kA <sub>eff</sub>	315*/125	8 TE	con U <sub>li</sub> = 230 V	35	DV 2P TT 255	900 370	
<b>DESCARGADOR DE CORRIENTE DE RAYO Tipo 1</b>												
Producto	Ejecución	Max. tensión permisible de servicio U <sub>c</sub>	Poder de derivación I <sub>imp</sub> (10/350)	Nivel de protección U <sub>p</sub>	Capacidad de apagado corriente sucesiva de red I <sub>q</sub>	Via de chispas encapsulada/ con soplado	Fusible máximo	Dimensiones	Coordinación energética	Pág.	Tipo	Art. Nº.
DEHNbloc Maxi	1-polo	255 V ac	25 kA	< 2,5 kV	25 kA <sub>eff</sub>	encapsulado	315/125	2 TE	directamente con DEHNguard	42	DBM 1 255 DBM 1 255 L	900 025 900 026
DEHNbloc/3	3-polos	255 V ac	100 kA	< 4 kV	3 kA <sub>eff</sub>	encapsulado	500**	4 TE	con	46	DB 3 255	900 110
DEHNbloc/1 255	1-polo	255 V ac	50 kA	< 4 kV	3 kA <sub>eff</sub>	encapsulado	500**	2 TE	DEHNguard	45	DB 1 255	900 111
DEHNbloc/1 255 H	1-polo	255 V ac	25 kA	< 4 kV	25 kA <sub>eff</sub>	encapsulado	315/125	2 TE	distancia > 15m	44	DB 1 255 H	900 222
DEHNbloc/1 440	1-polo	440 V ac	50 kA	< 4 kV	1,5 kA <sub>eff</sub>	encapsulado	500**	2 TE	de cable o	45	DB 1 440	900 159
DEHNbloc/NH	NH, Gr. 00	255 V ac	50 kA	< 4 kV	3 kA <sub>eff</sub>	encapsulado	500**	—	DEHNbridge	47	DB NH00 255	900 260
DEHNport 255	1-polo	255 V ac	75 kA	< 3,5 kV	4 kA <sub>eff</sub>	con soplado	500**	2 TE		51	DP 255	900 100
DEHNport 440	1-polo	440 V ac	75 kA	< 3,5 kV	750 A <sub>eff</sub>	con soplado	500**	2 TE		51	DP 440	900 101
DEHNport Maxi	1-polo	255 V ac	50 kA	< 4 kV	50 kA <sub>eff</sub>	con soplado	500**	2 TE		49	DPM 255	900 104
* Dependiendo de las condiciones de cortocircuito del cable de conexión												
** Tiempo de respuesta t <sub>4</sub> ≤ 0,2 s												
<b>DESCARGADOR DE CORRIENTE DE RAYO N – PE</b>												
Producto	Ejecución	Max. tensión permisible de servicio U <sub>c</sub>	Poder de derivación I <sub>imp</sub> (10/350)	Nivel de protección U <sub>p</sub>	Capacidad de apagado corriente sucesiva de red I <sub>q</sub>	Via de chispas encapsulada/ con soplado	Fusible máximo	Dimensiones	Coordinación energética	Pág.	Tipo	Art. Nº.
DEHNgap Maxi	1-polo	255 V ac	100 kA	< 2,5 kV	100 A <sub>eff</sub>	encapsulado	—	2 TE	directamente con DEHNgap C/T	53	DGPM 255	900 055
DEHNgap B/n	1-polo	255 V ac	100 kA	< 4 kV	100 A <sub>eff</sub>	encapsulado	—	2 TE	con	54	DGP BN 255	900 132
DEHNgap B	1-polo	255 V ac	100 kA	< 4 kV	100 A <sub>eff</sub>	con soplado	—	2 TE	DEHNgap C/T	54	DGP B 255	900 130
DEHNgap B/NH/n	NH, Gr. 00	255 V ac	50 kA	< 4 kV	100 A <sub>eff</sub>	encapsulado	—	—	distancia > 15 m de cable o DEHNbridge	55	DGP B NH00 N 255	900 269



DESCARGADOR DE SOBRESTENSIONES – Tipo 2												
Producto	Ejecución	Máx. tensión permisible $U_c$	Corriente nominal de descarga $I_{nD}$ (En: $I_{nD}$ ) (8/20)	Corriente máx. de descarga $I_{mD}$ (8/20)	Nivel protección $U_p$ con $I_m$		Fusible máximo A gL/gG	Dimensiones	Potencia contacto señalización a distancia	Pág.	Tipo	Art. Nº.
DEHNguard TNC	3-polos,enchuf.	275 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	3 TE	–	58	DG TNC 230 400	900 510
DEHNguard TNC FM	3-polos,enchuf.	275 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	3 TE	1 W	58	DG TNC 230 400 FM	900 540
DEHNguard TNS	4-polos,enchuf.	275 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	4 TE	–	59	DG TNS 230 400	900 530
DEHNguard TNS FM	4-polos,enchuf.	275 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	4 TE	1 W	59	DG TNS 230 400 FM	900 560
DEHNguard TT N-PE	4-polos,enchuf.	275 V ac 255 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV < 1,5 kV	125	4 TE	–	60	DG TT 230 400	900 520
DEHNguard TT FM N-PE	4-polos,enchuf.	275 V ac 255 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV < 1,5 kV	125	4 TE	1 W	60	DG TT 230 400 FM	900 550
DEHNguard IT	3-polos,enchuf.	500 V ac 600 V ac	20 kA	40 kA	< 2 kV	< 2,5 kV	100	3 TE	–	61	DG IT 500	900 516
DEHNguard IT FM	3-polos,enchuf.	500 V ac 600 V ac	20 kA	40 kA	< 2 kV	< 2,5 kV	100	3 TE	1 W	61	DG IT 500 FM	900 546
DEHNguard TN	2-polos,enchuf.	275 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	2 TE	–	63	DG TN 230	900 506
DEHNguard TN FM	2-polos,enchuf.	275 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	2 TE	1 W	63	DG TN 230 FM	900 507
DEHNguard TT N-PE	2-polos,enchuf.	275 V ac 255 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV < 1,5 kV	125	2 TE	–	64	DG TT 230	900 508
DEHNguard TT FM N-PE	2-polos,enchuf.	275 V ac 255 V ac	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV < 1,5 kV	125	2 TE	1 W	64	DG TT 230 FM	900 509
DEHNguard Y PV	3-polos,enchuf.	1000 V dc	20 kA	40 kA	< 4 kV			3 TE	–	72	DG Y PV 1000	900 517
DEHNguard Y PV FM	3-polos,enchuf.	1000 V dc	20 kA	40 kA	< 4 kV			3 TE	1 W	72	DG Y PV 1000 FM	900 547
DEHNguard	1-polo, compacto	75 V ac 100 V dc	10 kA	40 kA	< 350 V	< 400 V	125	1 TE	–	66	DG 75	900 604
DEHNguard	1-polo, compacto	150 V ac 200 V dc	15 kA	40 kA	< 550 V	< 700 V	125	1 TE	–	66	DG 150	900 603
DEHNguard	1-polo, compacto	275 V ac 350 V dc	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	1 TE	–	66	DG 275	900 600
DEHNguard	1-polo, compacto	320 V ac 420 V dc	20 kA	40 kA	< 1,2 kV	< 1,5 kV	125	1 TE	–	66	DG 320	900 605
DEHNguard	1-polo, compacto	385 V ac 500 V dc	20 kA	40 kA	< 1,35 kV	< 1,75 kV	125	1 TE	–	66	DG 385	900 602
DEHNguard	1-polo, compacto	440 V ac 585 V dc	20 kA	40 kA	< 1,7 kV	< 2 kV	125	1 TE	–	66	DG 440	900 607
DEHNguard	1-polo, compacto	600 V ac 600 V dc	15 kA	40 kA	< 2 kV	< 2,5 kV	100	1 TE	–	66	DG 600	900 601
DEHNguard FM	1-polo, compacto	75 V ac 100 V dc	10 kA	40 kA	< 350 V	< 400 V	125	1 TE	1 W	67	DG 75 FM	900 624
DEHNguard FM	1-polo, compacto	150 V ac 200 V dc	15 kA	40 kA	< 550 V	< 700 V	125	1 TE	1 W	67	DG 150 FM	900 623
DEHNguard FM	1-polo, compacto	275 V ac 350 V dc	20 kA	40 kA	< 1 kV	< 1,25 kV	125	1 TE	1 W	67	DG 275 FM	900 620
DEHNguard FM	1-polo, compacto	320 V ac 420 V dc	20 kA	40 kA	< 1,2 kV	< 1,5 kV	125	1 TE	1 W	67	DG 320 FM	900 625
DEHNguard FM	1-polo, compacto	385 V ac 500 V dc	20 kA	40 kA	< 1,35 kV	< 1,75 kV	125	1 TE	1 W	67	DG 385 FM	900 622
DEHNguard FM	1-polo, compacto	440 V ac 585 V dc	20 kA	40 kA	< 1,7 kV	< 2 kV	125	1 TE	1 W	67	DG 440 FM	900 627
DEHNguard FM	1-polo, compacto	600 V ac 600 V dc	15 kA	40 kA	< 2 kV	< 2,5 kV	100	1 TE	1 W	67	DG 600 FM	900 621

### Descargador de sobretensiones – Tipo 3

Producto	Ejecución	Máx. tensión permisible $U_c$	Corriente nominal de descarga $I_{n1}$ (EN: $I_n^*$ ) (8/20)		Int. nominal $I_L$ (EN: $I_L^*$ )	Nivel de protección $U_p$	Fusible máximo A gU/gG	Dimensiones	Señalización óptica / acústica	Poten. contacto señaliz. a distancia	Pág.	Tipo	Art. N°
			L ⇒ N	L+N ⇒ PE		L ⇒ N L(N) ⇒ PE							
DEHNrail	2-polos, carril DIN	30V ac 30V dc	1 kA	2 kA	16 A	< 220 V < 850 V	16#B16	1,5 TE	verde, rojo	1 Ø	100	DR 24 FML	901 104
DEHNrail	2-polos, carril DIN	60 V ac 60V dc	1 kA	2 kA	16 A	< 350 V < 850V	16#B16	1,5 TE	verde, rojo	1 Ø	100	DR 48 FML	901 103
DEHNrail	2-polos, carril DIN	75 V ac 75 V dc	2,5 kA	5 kA	16 A	< 500 V < 850V	16#B16	1,5 TE	verde, rojo	1 Ø	100	DR 60 FML	901 102
DEHNrail	2-polos, carril DIN	150 V ac 150 V dc	2,5 kA	5 kA	16 A	< 700 V < 1,1 kV	16#B16	1,5 TE	verde, rojo	1 Ø	100	DR 120 FML	901 101
DEHNrail	2-polos, carril DIN	255 V ac 255 V dc	3 kA	5 kA	16 A	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	1,5 TE	verde, rojo	1 Ø	100	DR 230 FML	901 100
DEHNrail 230/3N FML	4-polos, carril DIN	255 V ac 440 V ac	3 kA	5 kA	16 A	< 1,25 V < 1,5 V	16#B16	3 TE	3 x verde, 1 x rojo	1	102	DR 230 3N FML	901 130
SPS-Protector	2-polos, con filtro carril DIN	255 V ac	3 kA	5 kA	3 A	< 800 V < 1 kV	3#C3	7 TE	verde	1 Ø	105	SPS PRO	912 253
DEHNsafe	para canaleta	255 V ac	3 kA	5 kA	16 A	< 1,5 kV < 1,5 kV	16#B16	–	verde, rojo; Acústica	–	107	DSA 230 LA	924 370
DEHNflex M	para canaleta	255 V ac	1,5 kA	3 kA	–	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	–	Acústica	–	109	DFL M 255	924 396
DEHNflex A	para canaleta	255 V ac	3 kA	5 kA	–	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	–	Acústica	–	110	DFL A 255	924 389
DEHNflex D	para canaleta suelo técnico	255 V ac	3 kA	5 kA	16 A	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	–	Acústica	–	111	DFL D 255	924 395
ÜS-Modul STC	Para toma de enchufe	255 V ac	2,5 kA	5 kA	–	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	–	Acústica	–	113	STC 230	924 350
VC 280/2	2-polos, para equipo final	280 V ac	3 kA	5 kA	–	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	–	–	1 Ø	115	VC 280 2	900 471
S-Protector	Adaptador de enchufe	255 V ac	2,5 kA	5 kA	16 A	< 1,5 kV < 1,5 kV	16#B16	–	verde, rojo	–	117	S PRO	909 821
SF-Protector	Adaptador de enchufe con filtro	255 V ac	2,5 kA	5 kA	16 A	< 1,5 kV < 1,5 kV	16#B16	–	verde, rojo	–	118	SF PRO	909 820
SFL-Protector	Adaptador de enchufe con filtro	255 V ac	3 kA	5 kA	16 A	< 1,5 kV < 1,5 kV	16#B16	–	verde, rojo	–	120	SFL PRO	912 260
NSM-Protector	Descarg. sobret. schucko	255 V ac	3 kA	5 kA	16 A	< 1,25 kV < 1,5 kV	16#B16	–	verde, rojo	–	122	NSM PRO TW *	924 335
* Otros modelos, ver página 122													



**Clase I – Descargador de corriente de rayo.****DEHNbloc 1 255 H – Descargador fase-neutro**

Capacidad de descarga	25 kA (10/350)
Nivel de protección	< 4 kV
Capacidad de apagado	25 kA <sub>eff</sub>
Tipo	DB 1 255 H
Ref	900 222

**DEHNgap B N – Descargador neutro- tierra**

Capacidad de descarga	100 kA (10/350)
Nivel de protección	< 4 kV
Capacidad de apagado	100 A <sub>eff</sub>
Tipo	DGP BN 255
Ref	900 132

**Clase II– Descargador de sobretensiones.****DEHNguard TT 230 400 – Descargador trifásico**

Corriente nominal de descarga	20 kA (8/20)
Corriente máxima de descarga	40 kA (8/20)
Nivel de protección	< 1,25 kV
Tipo	DG TT 230 400
Ref	900 520

**DEHNguard TT 230 - Descargador monofásico**

Corriente nominal de descarga	20 kA (8/20)
Corriente máxima de descarga	40 kA (8/20)
Nivel de protección	< 1,25 kV
Tipo	DG TT 230
Ref	900 508

**Clase III– Protección fina contra sobretensiones.****DEHNrail 230 FML – Descargador carril DIN**

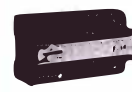
Corriente nominal de descarga	3 kA (8/20)
Corriente máxima de descarga	5 kA (8/20)
Nivel de protección	< 1,25 kV
Tipo	DR 230 FML
Ref	901 100

**S-Protector - Descargador para toma de corriente**

Corriente nominal de descarga	3 kA (8/20)
Corriente máxima de descarga	5 kA (8/20)
Nivel de protección	< 1,25 kV
Tipo	S PRO
Ref	909 821

**Combinado– Descargador contra rayos y sobretensiones.****DEHNventil TT 255 – Descargador trifásico**

Capacidad de descarga	100 kA (10/350)
Nivel de protección	< 1,5 kV
Capacidad de apagado	50 kA <sub>eff</sub>
Tipo	DV TT 255
Ref	900 375

**DEHNventil 2P TT 255 - Descargador monofásico**

Capacidad de descarga	50 kA (10/350)
Nivel de protección	< 1,5 kV
Capacidad de apagado	50 kA <sub>eff</sub>
Tipo	DV 2P TT 255
Ref	900 370

**Telecomunicaciones y transmisión de datos.****DEHNlink TC I – Descargador línea telefónica**

Corriente nominal de descarga	5 kA (8/20)
Tensión nominal	110 V
Nivel de protección	< 250 V
Tipo	DLI TC 1I
Ref	929 027

**DEHNgate FF TV – Descargador coaxial TV**

Corriente nominal de descarga	1,5 kA (8/20)
Tensión máxima permanente	24 V
Nivel de protección	< 230 V
Tipo	DGA FF TV
Ref	909 703

**Blitzductor CT MD HF 5 – Descargador para RS485**

Corriente nominal de descarga	10 kA
Tensión nominal	5 V
Nivel de protección	< 50V
Tipo	BCT MD HF 5
Ref (módulo + base)	919 570 + 919 506

**DEHNconnect ME 24 - Descargador para 4-20 mA**

Corriente nominal de descarga	10 kA
Tensión nominal	24 V
Nivel de protección	< 110 V
Tipo	DCO ME 24
Ref	919 921

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Pablo Diaz, “Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución”, Mc Graw – Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2001.
- [2] Favio Casas Ospina, “TIERRAS, Soporte de la Seguridad Eléctrica”, Editorial Linotiapia Bolívar y Cía. S. en C., Bogotá, D.C., 2003.
- [3] DEHN + SÖHNE, “Protección contra Sobretensiones”, Catálogo General, Germany, 2002.
- [4] IEEE Std 142-1991, “Prácticas recomendadas para aterrizar Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales”.
- [5] NFPA 780-2000, “Estándar para la instalación de Sistemas de Protección contra Descargas Eléctricas”.
- [6] IEEE Std 1100-1999, “Prácticas recomendadas para alimentar y aterrizar Equipos Electrónicos”.
- [7] NOM-001- Sede 1999, “Norma Oficial Mexicana. Instalaciones Eléctricas”.
- [8] NFPA-70, Artículo 250, Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos, 1999.
- [9] Roger R. Block, “Fundamentos de Protección contra Descargas Eléctricas y Pulsaciones Electromagnéticas”, PolyPhaser Corporation, Segunda Edición 1993