PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (RAYOS)

Antecedentes

- En cualquier instante dado, casi 1,800 tormentas eléctricas están en progreso sobre la superficie de la Tierra y en promedio, en la Ciudad de México presenta un promedio de 30 tormentas eléctricas al año y en sus 365 días, 223 muertes por alcance de rayos.

Antecedentes

- La intensidad media de la descarga de un rayo se estima en 20,000 amperios, pero se han detectado rayos de hasta 200,000 amperios.

Antecedentes

- Las características climáticas y montañosa de cada país determina el número y la intensidad de las tormentas que se producen (nivel isoceráunico), riesgo que varía dentro de un mismo país.
- El conocimiento de las zonas de riesgo es una información importante para determinar eficazmente el tipo de protección contra el rayo más adecuado.

Antecedentes

- Los efectos de un rayo pueden ser ocasionados por un **impacto directo o por causas indirectas**.

Antecedentes

- También **pueden alcanzar las instalaciones interiores** de fábricas, hogares, comercios industrias, etc.,
- **A través de:**
- las líneas de conexión del suministro de energía eléctrica
- Por las líneas de conexión de teléfonos, fax, modems, televisión por cable
- A través de la estructura metálica de los edificios
- Por contacto directo o por inducción, por las raíces de los árboles.

Antecedentes

- Mientras que un impacto directo puede tener consecuencias catastróficas para las personas, edificaciones, y animales; los daños por causas indirectas suelen ser más numerosos, acompañados de cuantiosas pérdidas económicas.
- Se entiende como causas indirectas como la caída de rayos en las inmediaciones o sobre los tendidos aéreos o las inducciones electromagnéticas en estos conductores.

Antecedentes

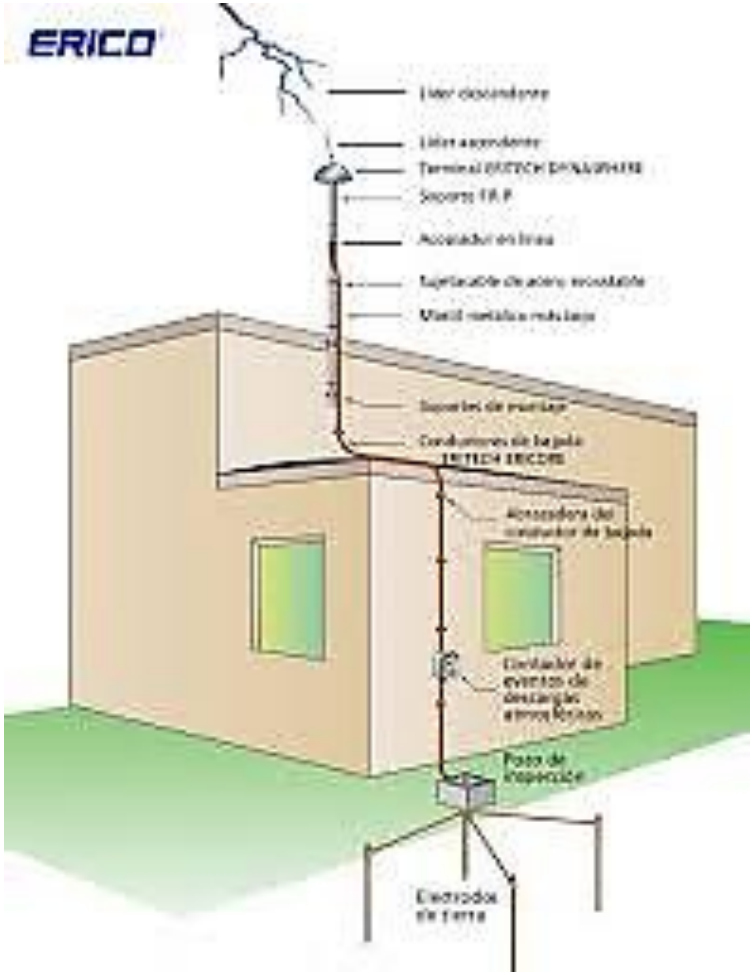
- No existe método alguno para evitar la formación de descargas atmosféricas (rayos).
- Tampoco sería deseable, en vista que los rayos son responsables en gran parte de la formación de vida en el universo.

El propósito

- Tratar de protegerse contra las descargas atmosféricas (rayos).
- Controlando el paso de la corriente de las descargas eléctricas, y así prevenir lesiones a las personas y daños a la propiedad.

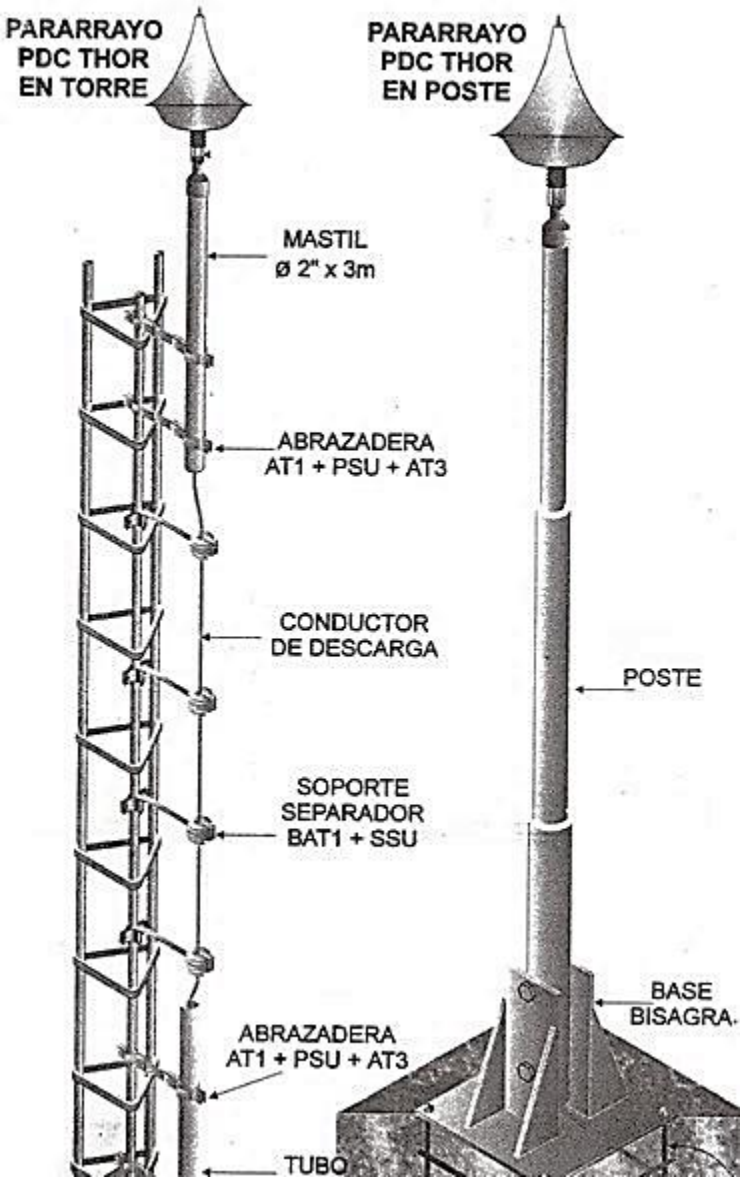
Medidas

- La primera medida a tomar es **interceptar la trayectoria del rayo y conducirlo a lo largo de un conductor de baja resistencia**, con el fin de que no se recaliente y que no produzca elevados niveles de voltajes durante la descarga.



Medidas

- Con tal fin, la instalación para protección contra rayos se debe iniciar con la colocación de un terminal aéreo de captación, de una adecuada bajante a tierra y un sistema de electrodos de puesta a tierra.



DYNAPHERE

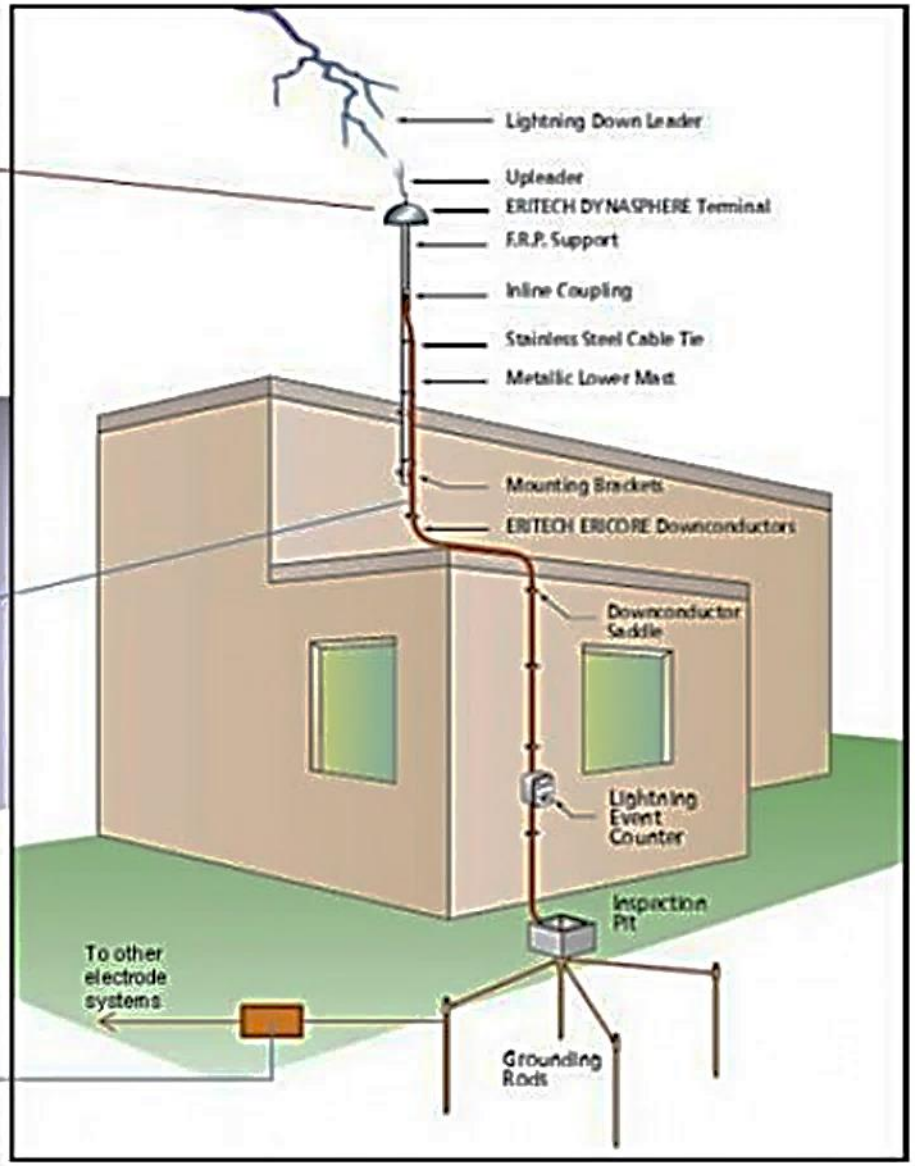
Model ERICORE™ E1 or E2 cable

E1 $Z_0 = 6.6\Omega$
L = 33nH/m
0.94" (24mm) outer diameter
50mm² (≈ #1/0AWG) conductor cross sectional area
For use on structures up to 200' (65m)

E2 $Z_0 = 4.4\Omega$
L = 22nH/m
1.4" (36mm) outer diameter
50mm² (≈ #1/0AWG) conductor cross sectional area
For use on structures up to 400' (120m)

ERICORE

PEC



PROTECCIÓN DE SERVICIO DE ENTRADA PARA CASOS ESPECIALES

- Con la incorporación de los microprocesadores a los sistemas eléctricos y el uso diario y frecuente de equipos electrónicos, la susceptibilidad de daños causados por sobretensiones aumenta considerablemente.
- Este problema no existía en fecha tan reciente como 1970 y en la actualidad, la cantidad de energía de los rayos puede producir daños irreparables en los circuitos integrados.

PROTECCIÓN DE SERVICIO DE ENTRADA PARA CASOS ESPECIALES

- Los daños a los centros de control de motores, equipos controlados por micro procesadores, equipo de oficinas y de control variable de velocidad motores son más que evidentes. Además hay otras consecuencias como aceleración del proceso de degradación, afectación de la vida útil, y pérdida de información.

PROTECCIÓN DE SERVICIO DE ENTRADA PARA CASOS ESPECIALES

- En casos extremos, los rayos pueden producir incendios y pérdidas de vidas.
- En estos casos es recomendable proteger los servicios de entrada contra los efectos de sobretensiones, causados contra dichos fenómenos transitorios mediante la instalación de “Supresores de Impulsos” o pararrayos debidamente seleccionados.

CASOS DE IMPACTO DIRECTO SOBRE EDIFICACIONES

Paso No. 1 - Captación del Rayo

- Para la colocación del terminal aéreo debe tenerse en consideración conceptos como
- “cono o ángulo de protección”
- “jaula de Faraday”
- “modelos electrogeométricos”
- “modelos físicos de campos eléctricos”
- el factor de intensificación de campo eléctrico
- tensión de ruptura del dieléctrico (aire)
- las características del conductor de descarga.

LOS SIGUIENTES SON LOS SISTEMAS UTILIZADOS EN LA ACTUALIDAD PARA LA PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA EL RAYO:

PUNTA FRANKLIN:

- Su misión es provocar la excitación atmosférica por encima de cualquier otro punto de la estructura a proteger, para aumentar la probabilidad que la descarga incida en su zona de influencia, y derivar a tierra la corriente del rayo.

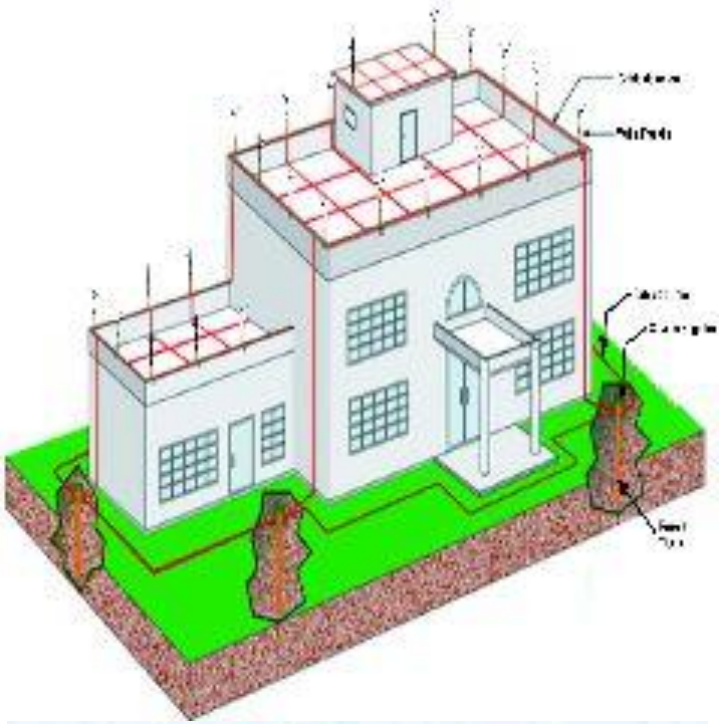
PARARRAYOS FRANKLIN

TENDIDO:

- Protección formada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger.
- Los conductores se deberán unir a tierra mediante 3 aterrizadores en cada uno de sus extremos.
- El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos.

JAULA DE FARADAY:

- El sistema consiste en la recepción del rayo a través de un conjunto de puntas captadoras unidas entre sí por cable conductor, formando una malla, y derivarla a tierra mediante una red de conductores.



Impacto sobre edificaciones

- Es necesario hacer hincapié en la necesidad de que se obtenga la protección deseada al menor costo posible.
- En la determinación precisa del comportamiento intervienen factores como “distancia de influencia de la superficie” sobre el punto de incidencia y el “perímetro derivado de la velocidad” con lo que se completa el “volumen de captación” del punto de incidencia

Impacto sobre edificaciones

- La descarga siempre finalizará en la tierra por cuya razón una determinada estructura siempre interceptará los “conductores bajantes” que ingresen al volumen de captación.
- Un estudio efectuado de manera rigurosa determinará el número de terminales aéreos que deben ser empleados, su colocación física y el grado de protección logrado.

Impacto sobre edificaciones

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

Impacto sobre edificaciones

- Para realizar una correcta protección debemos dotar nuestra estructura de dos sistemas de protección:

1. Protección externa contra impactos directos de rayo (pararrayos, tendido o jaula de Faraday)
2. Protección interna contra sobretensiones provocadas por la caída del rayo en cualquier tendido de cable (limitadores de tensión)

Impacto sobre edificaciones

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

Impacto sobre edificaciones

- Para la protección de estructuras y personas se hace necesaria la utilización de un Sistema de Protección Contra el Rayo, el cual debe atraer el rayo y canalizar las corrientes hacia tierra.
- Entre las estructuras en las que es necesaria la instalación de un Sistema de Protección Contra el Rayo podemos citar:

a) Edificios o zonas abiertas con concurrencia de público
b) Depósitos de materias peligrosas
c) Edificios del patrimonio cultural, etc.

Paso No. 2 - Conducción del Rayo

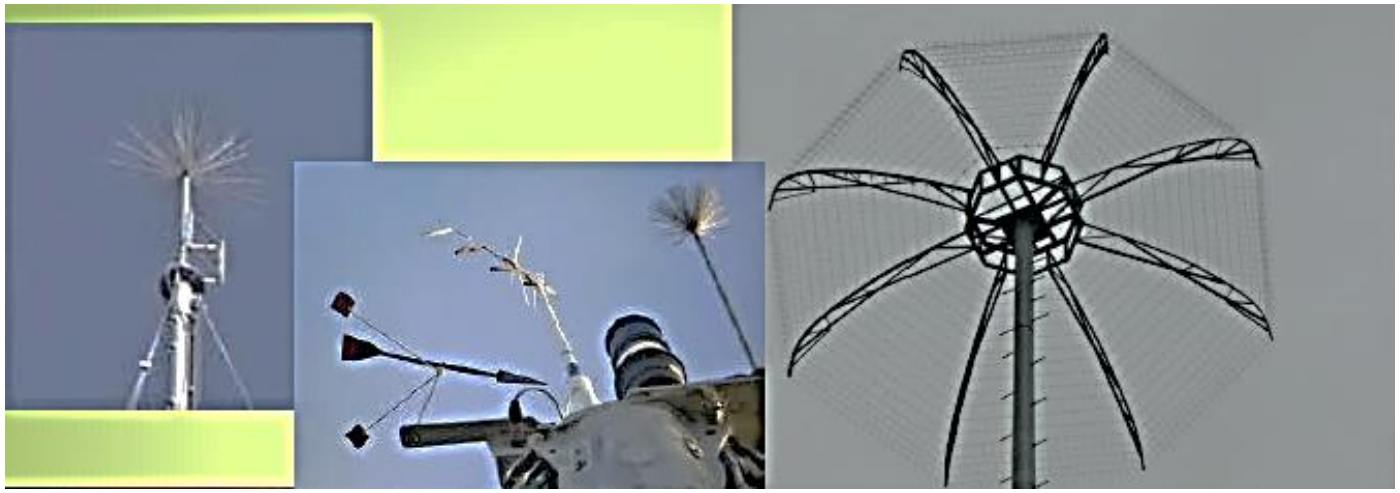
- La conducción de la elevada magnitud de la potencia asociada a la descarga requiere sumo cuidado en la preparación de los componentes del sistema de descarga, su diseño y su disposición.

Paso No. 2 - Conducción del Rayo

- Los conductores convencionales son de alambres o cables de cobre, desprovistos de aislamiento.

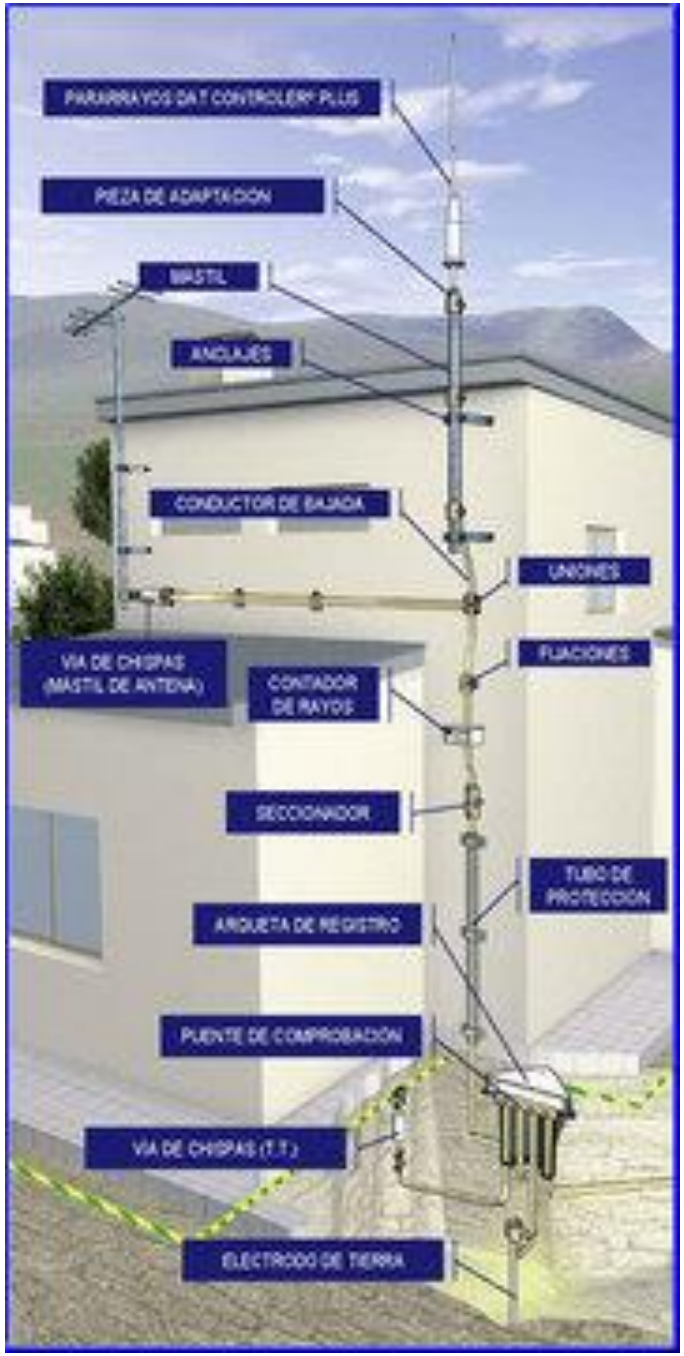
Paso No. 2 - Conducción del Rayo

- Para evitar la producción de arqueos laterales generalmente es deseable tener conductores bajantes múltiples.



Paso No. 2 - Conducción del Rayo

- Los conductores bajantes deben ser colocados de manera que pasen alejados de equipos electrónicos sensitivos.



Paso No. 3 - Puesta a tierra

- La instalación eléctrica deberá conectarse a tierra de acuerdo a lo indicado en las Normas para la Instalación de los Electrodos de Puesta a Tierra de las normas y reglamento de Instalaciones Eléctricas.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- El objetivo de todo sistema de puesta a tierra es el de proveer una vía de baja impedancia para que las corrientes de falla o las que son producidas por fenómenos transitorios, como los rayos, sean descargadas a tierra.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- Una puesta a tierra efectiva significa que está conectada a tierra a través de una conexión, o conexiones de suficiente baja impedancia y capacidad de conducción de corriente, para impedir los aumentos de voltaje que podrían resultar en peligros o riesgos indebidos y excesivos a personas o al equipo conectado

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- Debe entenderse que la “impedancia” total del sistema de puesta a tierra, y no su resistencia únicamente, tenga valores bajos que permitan disipar tanto los elementos de baja frecuencia como los de alta generalmente contenidos en la descarga.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- En los sistemas de puesta a tierra, se pueden utilizar los electrodos fabricados especificados en los numerales (a) y (b) indicados a continuación.
- Donde sea práctico, los electrodos fabricados se incrustarán debajo del nivel permanente de humedad.
- Los electrodos fabricados estarán libres de capas o revestimientos no conductores, tales como pinturas o esmaltes.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- Donde se use más de un electrodo, cada electrodo de un sistema de puesta a tierra (incluyendo los utilizados como varillas de pararrayos), no estará a menos de 1.83 metros (6 pies) de cualquier otro electrodo de otros sistemas de puesta a tierra.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- No se requerirá que el calibre del conductor de cobre del electrodo de puesta a tierra fabricado sea mayor que No. 6 AWG.

- Dos o más electrodos que estén ligados entre sí en forma efectiva, se considera como un solo sistema de electrodo.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

a) Electrodos de Varillas. Los electrodos de varilla serán de acero o de hierro con revestimiento de cobre, de diámetro mínimo de 1.59 centímetros (5/8 pulgadas) y una longitud mínima de 2.44 metros (8 pies).

- Deberán instalarse de manera que no menos que 2.44 metros (8 pies) de longitud estén en contacto con el suelo

Paso No. 3 - Puesta a tierra

b) Electrodos de Placa. Los electrodos de placa serán de material ferroso o no ferroso, y cada electrodo tendrá una superficie exterior no menor que 0.186 metros cuadrados (2 pies^2).

- Las placas de hierro o acero tendrán un espesor mínimo de 6.35 milímetros (¼ pulgada) y las de metales no ferrosos un espesor mínimo de 1.52 milímetros (0.06 pulgada).
- El conductor del electrodo de puesta a tierra se conectará al electrodo por medio de una soldadura exotérmica.

Paso No. 3 - Puesta a tierra

Pozos de Inspección

- La grapa de conexión a la varilla, el conductor del electrodo de puesta a tierra y el extremo superior de los electrodos de varilla, deberán instalarse dentro de un pozo de inspección, con tapa removible, instalado a ras con el piso terminado o con el suelo natural.
- El pozo de inspección deberá ser cuadrado con dimensión mínima de 20 centímetros x 20 centímetros (8 pulgadas x 8 pulgadas), o circular con diámetro interno mínimo de 20 centímetros (8 pulgadas), y tendrá una profundidad de 15 centímetros (6 pulgadas).

Paso No. 3 - Puesta a tierra

- Para facilitar su prueba y mantenimiento, los pozos de inspección de los electrodos de puesta a tierra deberán estar localizados en lugares fácilmente accesibles, cercanos al medio principal de desconexión.

La "puesta a tierra"

- En la instalación eléctrica se hace, no sólo para proteger a la instalación eléctrica, sino también para proteger a las personas contra el peligro de choques eléctricos, accidentes y como prevención contra incendio.

La "puesta a tierra"

- Esta puesta a tierra se efectúa en el conductor neutral de la acometida y por consiguiente, al conductor neutral de la red interna, el cual también estará puesto a tierra extendiendo así, la protección a toda la instalación eléctrica interna de la residencia, comercio o industria.

La "puesta a tierra"

- No deben instalarse fusibles o interruptores en el neutro; tampoco se admiten conexiones entre el neutro y las partes metálicas.
- Esta conexión es la que se llama "Puesta a Tierra del Sistema".

La "puesta a tierra"

- Cada servicio eléctrico individual o acometida, deberá tener una puesta a tierra, la cual se unirá al neutral de la red, a su llegada a la caja del medidor o en el Interruptor Principal o equivalente.

La "puesta a tierra"

- Las cubiertas protectoras de los cables eléctricos, tales como hilos o cintas de cobre, plomo, acero, etc., se conectarán a tierra, para evitar en tales materiales la presencia de un potencial superior al de tierra.

La "puesta a tierra"

- La conexión de puesta a tierra será permanente, continua y tendrá capacidad suficiente para conducir cualquiera de las corrientes que le puedan ser impuestas y será de impedancia suficientemente baja, tanto para limitar el potencial sobre tierra, como para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

La "puesta a tierra"

- Los electrodos deberán tener una resistencia a tierra que no exceda 25 ohm.
- Cuando no se pueda lograr esta resistencia a tierra con un solo electrodo, se instalarán otros electrodos hasta conseguir la resistencia indicada.
- Se recomienda probar la resistencia de las tierras al instalarse el sistema y repetir la prueba periódicamente cuando esté instalado.

CASOS DE PROPAGACIÓN DEL RAYO A LO LARGO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS, ANTENAS DE RADIO Y TELEVISIÓN, CABLES DE COMUNICACIONES, LÍNEAS DE TELÉFONOS Y MODEMS.

Paso No. 4 – El Diseño

- Es importante asegurar que se tiene un solo punto de puesta a tierra eléctrico.
- Por lo tanto, todos los componentes del sistema deben estar debidamente conectados, y así formar un sistema equipotencial.
- Con lo cual se elimina la posibilidad de daños ocasionados por diferencias de potencial inadvertidas.

Paso No. 4 – El Diseño

- Cada tierra individual (pararrayos, telecomunicaciones, y salas de equipos) debe ser de alta integridad, auto suficiente, y debe ser considerado como parte de un todo para el sistema integral de puesta a tierra de la instalación que se desea proteger.

Paso No. 4 – El Diseño

- En los casos en que haya tierras separadas todas deben ser conectadas entre sí (bonded) para formar una sola tierra equipotencial con lo que se eliminan posibles lazos que presenten voltajes peligrosos durante fenómenos transitorios.

Paso No. 4 – El Diseño

- Es recomendable que las conexiones entre conductores y entre conductores de tierra y partes metálicas de las estructuras se realicen mediante soldadura exotérmica, por la calidad superior de la unión resultante, comparada con cualquier otro tipo de unión por medios mecánicos conocido (grapas, conectores apernados, etc.).

Paso No. 5 - Protección de los Equipos

- No se trata de simplemente colocar protección contra incidencias directas de rayos en todas las entradas del edificio o la vivienda.
- Para una protección realmente efectiva se requiere que los terminales principales de las entradas del servicio de electricidad estén provistos de dispositivos pararrayos (Surge Protection Devices –SPD conocidos como Supresores de Voltajes Transitorios (Transient Voltage Surge Arrestors – TVSS).

Paso No. 6 - Protección de la entrada de servicio

- Para proteger las líneas entrantes utilizadas para la transmisión de datos contra la incidencia de rayos (descargas atmosféricas), se debe instalar barreras protectoras de alta velocidad con el fin de limitar los voltajes producidos.
- Esta protección no constituye garantía de que su equipo resultará cien por ciento protegido, pero contribuye a aumentar las probabilidades que el equipo no sufra daño.

Paso No. 6 - Protección de la entrada de servicio

- La protección los sistemas de bajo voltajes recolección y procesamiento de datos para redes locales de computadores, sistemas industriales de SCADA, teléfonos, MODEM’s, requieren que el voltaje sea fijado a niveles tolerables por los circuitos de los sistemas electrónicos sensitivos.

Paso No. 6 - Protección de la entrada de servicio

- Este tipo de protección utiliza circuitos híbridos de protección de etapas múltiples.
- Para ello se requiere instalar dispositivos supresores de voltajes transitorios (impulsos)/TVSS: (Transient Voltaje Surge Supresor) con capacidad adecuada para las magnitudes de energía involucradas en el fenómeno (capacidad en kA) de la descarga eléctrica incidente y los gradientes de voltaje y de corriente asociados.

Resumen del Plan de Seis Puntos de Protección contra Rayos

1. Una protección perfecta, del 100% efectiva, es prácticamente imposible, y toda protección se diseña sobre la base de un riesgo o compromiso estadístico o de probabilidad.
2. Sin embargo, es posible definir criterios generales para la protección de equipos electrónicos en edificios, que son de aceptación general.

Protección contra Rayos

3. Captura del impacto del rayo directo en puntos preferentes y conocidos.
4. Esto significa la instalación de uno o más terminales aéreos de captación en los edificios.

Protección contra Rayos

5. Conducir la descarga a tierra de una forma segura a través de una ruta conocida. Se debe instalar uno o más sistemas de conducción o bajantes a tierra.
6. Disipar a tierra las descargas del rayo. Esto requiere la instalación y mantenimiento de un sistema de puesta a tierra efectivo y de baja impedancia.