

Boletín 18

PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Boletín técnico N° 18
PARTE 1

Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS.

PARTE 1

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

Las descargas atmosféricas son uno de los fenómenos más imponentes de la naturaleza, por lo cual, desde épocas muy antiguas nuestros ancestros, maravillados con este fenómeno, asociaron su origen a una expresión del poder de las deidades.

Miles de años más tarde, el hombre ha podido desentrañar los procesos físicos que originan este fenómeno natural, lo cual ha permitido diseñar sistemas que mitiguen sus impactos.

A lo largo de la historia de la humanidad, diferentes culturas han atribuido las descargas eléctricas atmosféricas a manifestaciones de ira o poder de dioses. Los antiguos griegos, vikingos y de algunas comunidades indígenas ancestrales, quienes asociaron este tipo de fenómenos a castigos divinos enviados por Zeus, Thor o ciertas figuras míticas.

No fue sino hasta la segunda mitad del siglo XVIII que, gracias al trabajo de Benjamin Franklin, se pudo dar una explicación física a este fenómeno, que tiene el potencial de afectar bienes materiales y ocasionar la pérdida de vidas humanas y de animales.

2. El rayo o descarga atmosférica.

El rayo es una chispa eléctrica producida mediante una nube cargada de electricidad y la tierra, también entre dos nubes con cargas de diferente signo.

Cuando las diferencias de tensión entre ellas crea gradientes que el aire existente entre ellas no es capaz de soportar, se generan así dos tipos de rayos:

- Los que se provocan entre nubes y la tierra.
- Los que se inducen entre las mismas nubes.

El caso que nos ocupa es el primer tipo por lo que nos entraremos en esta clase de rayos. El fenómeno del rayo se fundamenta en una transmisión rápida de carga entre la atmósfera y la tierra. En la figura 1 se aprecia un rayo o descarga atmosférica.



Figura 1. Rayo o descarga atmosférica

Este intercambio de carga tiene lugar a través del dieléctrico del aire mediante una descarga disruptiva que transporta una cantidad de carga tendente a neutralizar la existente en la nube.

Los rayos son señales eléctricas de alta frecuencia, gran potencial y alta corriente, por ello son causa de interferencia en sistemas electrónicos. Son de alta frecuencia por la elevada razón de cambio de la señal, de aproximadamente 1 us. Por ello, para dirigir a tierra las descargas atmosféricas se utilizan las técnicas para señales en altas frecuencias.

Existen trece tipos de nubes que diferencian básicamente los meteorólogos, en donde la del tipo cúmulo-nimbus es el único que se carga de electricidad.

Este se forma a partir de grandes bancos de cúmulos por efectos de vientos verticales que los elevan a considerable altura, unos doce mil metros en climas templados y hasta dieciocho mil en tropicales, donde al perder la eficiencia del mecanismo generador del viento, se detienen.

3. características principales del rayo.

3.1 El voltaje.

El campo eléctrico debajo de una nube de tormenta es generalmente considerado entre 10.000 y 30.000 V/m. Y una nube de tormenta promedio podría contener unos 140 MWh de energía con voltajes hasta de 100 MV.

En un principio el voltaje asociado al rayo, empieza con cientos de millones de voltios entre nube y tierra. Pero cuando la descarga se aproxima a la tierra, la neutralización de cargas reduce el voltaje.

3.2 La corriente.

Con una carga en movimiento intranube de unos 40 Coulombs. Esta energía es la que se disipa mediante los rayos, con corrientes pico que van de unos cuantos kiloamperes a unos 200 kA con un percentil (50) de 20 kA.

Las descargas atmosféricas pueden causar grandes diferencias de potencial en sistemas eléctricos distribuidos fuera de edificios o de estructuras protegidas.

A consecuencia de ello, pueden circular grandes corrientes en las canalizaciones metálicas, y entre conductores que conectan dos zonas aisladas. La corriente máxima en el pico de rayo promedio es del orden de los 20.000 a 30.000 Amperios. En el 5% de los rayos, dicho parámetro supera los 150.000 Amperios.

3.3 Descargas Múltiples.

Son varias descargas individuales que siguen el mismo camino establecido por la primera descarga desde la nube a tierra. Casi el 50% de las descargas atmosféricas visibles son múltiples, y contiene entre 2 a 42 descargas de rápida sucesión. En la figura 2 se puede observar una descarga múltiple.



Figura 2. Descarga múltiple

Algunas particularidades aumentan la probabilidad de la caída de rayos en un lugar. Por ejemplo, la frecuencia de descargas en un lugar es proporcional al cuadrado de la altura sobre el terreno circundante. Esto hace que las estructuras aisladas sean particularmente vulnerables. Además, las puntas agudas incrementan también la probabilidad de una descarga.

Las características climáticas y montañosas de cada país determina el número y la intensidad de las tormentas que se producen, 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.

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

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 y también a través de la estructura metálica de los edificios, por contacto directo o por inducción, por las raíces de los árboles. Por tal motivo, se hace necesario que los equipos estén protegidos frente a todas estas posibilidades.

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. No existe método alguno para evitar la formación de descargas atmosféricas o rayos.

El propósito entonces es tratar de protegerse contra los rayos, controlando el paso de la corriente de las descargas eléctricas, y así prevenir lesiones a las personas o cosas.

Lo primero que se debe hacer 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 así mismo tampoco se produzcan elevados voltajes durante la descarga.

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

4. Sistema de protección contra rayos.

La decisión de dotar a una estructura de un adecuado sistema de protección contra rayos

depende de factores como la probabilidad de caídas de rayos en la zona, su gravedad y sus secuelas para personas, maquinarias u operatividad en empresas.

Para realizar una correcta protección debemos dotar a nuestra estructura o edificaciones de dos sistemas de protección:

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

Tanto el sistema de protección externo como el interno estarán apoyados por un buen sistema de toma de 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.

La protección de estructuras es más tolerante que una protección electrónica. Así, un edificio puede tolerar hasta 100,000 V mientras que componentes electrónicos a 24 V se dañarán con voltajes sostenidos de 48 voltios.

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.

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.

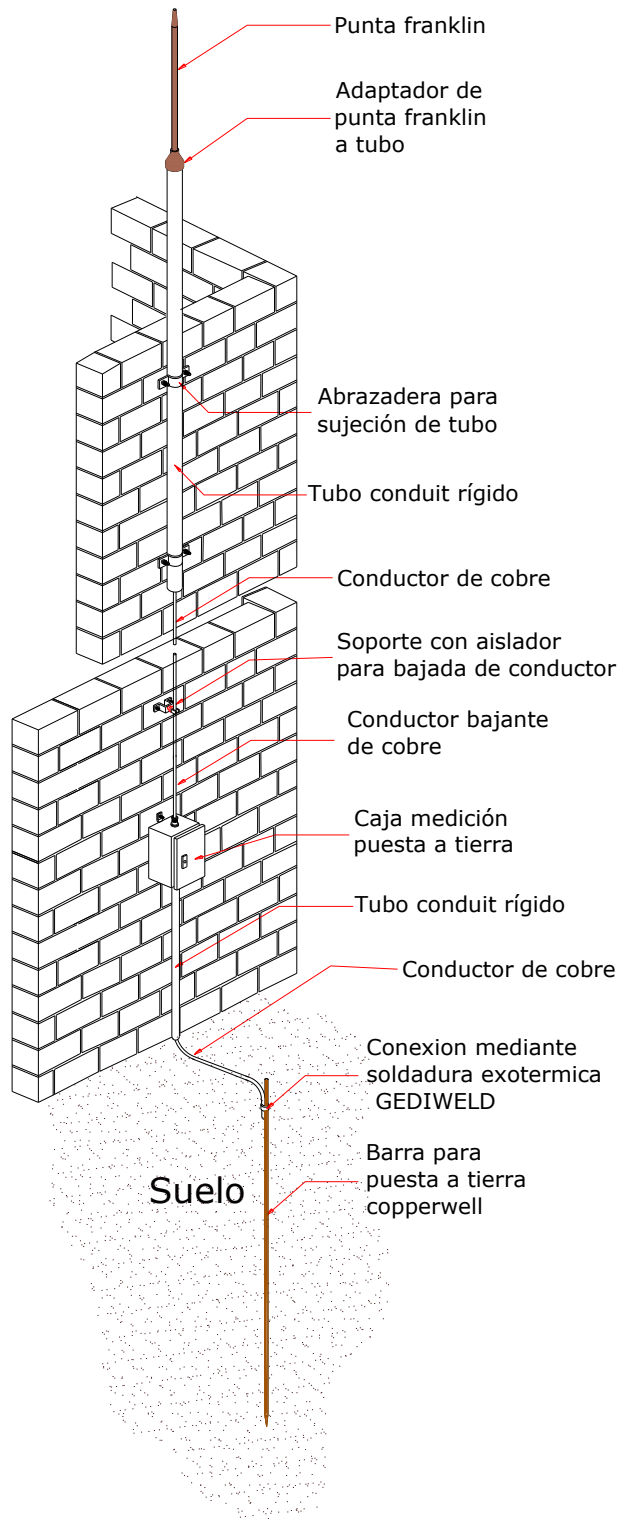


Figura 3. Sistema de protección contra rayo

Entre las estructuras en las que es necesaria la instalación de un sistema de protección contra rayo podemos citar: Edificios o zonas abiertas con concurrencia de público, depósitos de materias peligrosas, edificios del patrimonio cultural, etc.

Los sistemas de protección contra rayos están conformados a su vez por los siguientes elementos o sistemas sin limitarse a ellos:

- Elemento de captación del rayo
- Conducción del rayo
- Elementos de protección contra sobretensión o picos
- Sistema de puesta a tierra

En la figura 3 se puede observar un sistema de protección contra descargas atmosféricas o rayos, en ella se pueden ver los elementos que lo componen, a continuación describimos sus partes:

Terminal aéreo (punta franklin)

Son los elementos encargados de interceptar los rayos y drenarlos de manera segura al sistema de puesta a tierra. Estos dispositivos deben ser ubicados en los puntos más altos de las edificaciones que se desean proteger.

Soporte del terminal aéreo.

Lo conforma el adaptador para sujetar el pararrayos al tubo, el mástil (tubo conduit) y las abrazaderas para la fijación del tubo o mástil. Los terminales aéreos deben asegurarse contra vientos, fijándolo a la estructura a ser protegida de una manera firme. Los terminales que excedan los 60 cm de altura deben estar fijados a no menos de la mitad de su altura.

Empalmes:

Es una conexión eléctrica entre un objeto eléctricamente conductor y un componente del sistema de protección contra rayos, el cual intenta

reducir significativamente la diferencia de potencial creado por la corriente del rayo

Conductor o cable derivador (bajante).

Es un conductor de cobre formado por un número determinado de hilos trenzados capaz de conducir la descarga del rayo a la tierra.

Soporte para conductor o cable derivador (bajante).

Se compone de un soporte tipo omega, aislador y conector KS para fijar el bajante.

Caja de medición de puesta a tierra.

Es un cerramiento con una barra seccionable de cobre en forma manual para poder realizar comprobación de valores de resistencia a tierra.

Terminal de tierra (barra de tierra)

Los terminales de tierra de un pararrayos deberán ser perfectamente identificables con trayectorias sencillas y deben quedar registrables para su mantenimiento y poder monitorear su resistencia, así mismo la importancia de dar mantenimiento previo en temporada de lluvias

Conductor de lazo (anillo)

Es un conductor que rodea una estructura, el cual es usado para interconectar los terminales de tierra, conductor de bajada u otro cuerpo puesto a tierra.

Caja de registro de puesta a tierra.

Es un cerramiento con tapa para poder realizar mantenimiento al sistema de puesta a tierra.

4.1 Captación del Rayo

La captación del rayo se realiza a través de la colocación de un terminal aéreo donde se debe tener claridad en conceptos como: cono o ángulo de protección, jaula de Faraday, modelos electrogeométricos, modelos físicos de campos eléctricos y el factor de intensificación de campo eléctrico, tensión de ruptura del dieléctrico (aire), y las características del conductor de descarga.

Es necesario hacer hincapié en la necesidad de que se obtenga la protección deseada al menor costo posible.

Los siguientes son los sistemas en la actualidad más comunes para la protección externa contra el rayo:

4.1.1 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. Una instalación típica comprende:

- Una varilla captadora, junto con su mástil.
- Uno o dos bajantes.
- Un desconectador por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
- Un elemento protector contra golpes (Tubería) en los dos últimos metros del bajante conductor.
- Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.



Pararrayo con base fija

Pararrayo a mástil

Figura 4. Punta Franklin

Según la norma COVENIN 599 se establece que la altura de las puntas pararrayos será tal que la extremidad no estará menos de 25 cms por encima del objeto que se proteja.

En el momento que el rayo se acerca al suelo, se crea una descarga sobre cualquier estructura elevada.

En el caso de un sistema pasivo de protección, como puede ser una punta Franklin, solo captan las descargas que pueda recibir la estructura protegida, por carecer de un dispositivo de captación del rayo.

Las puntas franklin del sistema de pararrayos deben cumplir con la normativa NFPA.780 3-8-1. Donde se establece que la separación entre "Puntas Franklin" debe ser hasta 6 mts.

4.1.2 Tendido.

Esta protección está conformada por uno o múltiples conductores aéreos situados sobre la estructura a proteger.

Los conductores se deberán unir a tierra mediante bajantes en cada uno de sus extremos.

El área protegida vendrá dada por el área formada por el conjunto de conductores aéreos. Una instalación típica comprende:

- Una bajante en cada extremo de los conductores.
- Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

En la figura 5 se observa como el conductor cuelga encima de la estructura a proteger, estando puesto a tierra en cada poste de forma de

proporcionar una ruta de descarga al rayo hacia tierra.



Figura 5 Tendido

4.1.3 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 bajantes. Una instalación típica comprende:

- Múltiples puntas captadoras.
- Red de unión de las distintas puntas
- Una bajante por cada punta captadora.
- Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.
- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

El método de jaula de Faraday proporciona un escudo natural en un edificio para protegerlo contra los rayos. De esta forma, lo cubre con conductores horizontales y verticales para lograr proteger la construcción de manera efectiva. Si bien este sistema es más complejo, a comparación de los sistemas de pararrayos convencionales, aplicado correctamente garantiza un buen nivel de protección. Si bien no hay un sistema que ofrezca una protección al 100%

contra los rayos, una jaula de Faraday es factible y preferible en función a criterios arquitectónicos y un presupuesto más alto para la instalación.

En la figura 6 se observan los distintos elementos captadores en el techo de la estructura a proteger y los bajantes correspondientes a cada elemento.

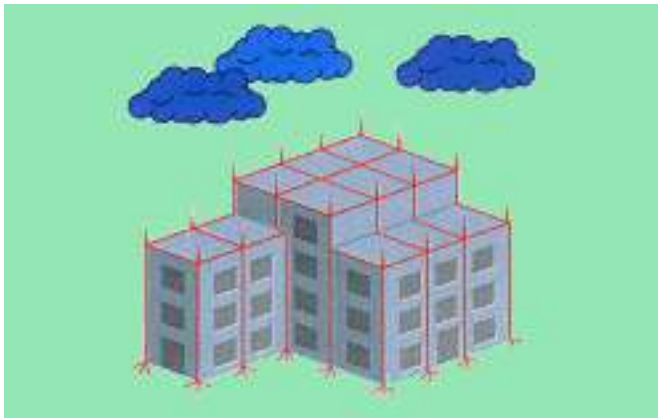


Figura 6. Jaula de Faraday

4.1.4 Sistema de cebado

Los pararrayos dotados de sistemas de cebado, emiten descargas eléctricas de polaridad inversa a la del rayo, con lo cual atraen y encubren el punto de impacto por encima de la estructura a proteger, por consiguiente se crea un mayor radio de cobertura en la base, frente a un pararrayos convencional. Una instalación típica comprende:

- Un pararrayo con cebado, junto con su mástil.
- Uno o dos bajantes.
- Un desconectador por bajante para la comprobación de la resistencia de la estructura.
- Un elemento protector contra golpes (Tubería) en los dos últimos metros del bajante conductor.
- Una toma de puesta a tierra (Electrodos) por cada bajante.

- Unión equipotencial de las tomas de tierra y circuito general de tierras.

Como se observa en la figura 7, la zona de cobertura es mucho mayor que con cualquier otro dispositivo de protección, permitiendo con un solo dispositivo de captación, proteger construcciones o instalaciones de gran extensión.



Figura 7. Pararrayo con sistema de cebado

Un pararrayos con sistema de cebado no es comparable a una simple punta Franklin, sino a toda una instalación de ellas, necesarias para cubrir la misma área de protección, con el consiguiente ahorro en instalación y materiales de bajantes, tomas de tierra, equipotencialidad de las mismas, etc.

También presenta ventajas con respecto a los otros sistemas para la protección de estructuras abiertas, como pueden ser superficies al aire libre, instalaciones deportivas, etc. En resumen, el sistema ofrece grandes ventajas y un ahorro considerable con respecto a los sistemas pasivos de captación.

En el próximo boletín técnico continuaremos con la parte final.