www.ingdadatto.com

Ing. Dadatto

Consultoría y Servicios

cie

Colegio de Ingenieros Especialistas de la Provincia de Santa Fe

Distrito II - Ley 11.291

SE-XX

Protección atmosférica - Pararrayos

Rev-01-2019 - Diciembre de 2019

Logística

- Horarios

✓ **Viernes 6/12 de 14:00 a 20:00**

✓ **Sábado 7/12 de 09:00 a 15:00**

- Comidas

(viernes dos cortes de 15`, sábado un corte de 15`y lunch 30`)

- Teléfonos celulares

- Servicios

PRESENTACIONES

Presentaciones

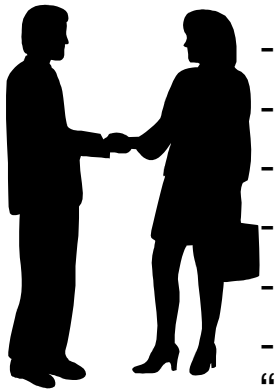
Seguridad y Riesgo Eléctrico

Instructor: **Ing. Roberto H.B. Dadatto**

Mat. ICIE Nº 2-2301-8

AEA - Socio Activo Pleno Nº 6606

Miembro del Comité IRAM /AEA de protección contra rayos



- Ingeniero Electricista – UTN – FRRO.
- Titular de : Ing. Dadatto – Consultoría y Servicios.
- Auditor Líder de IRAM y experto técnico.
- Docente de Maquinas Eléctricas 1 – UTN – FRRO. (JTP)
- Docente de Tecnología y Ensayo de los Materiales Eléctricos (JTP)
- Docente de Instalaciones Eléctricas – UNR – FAPyD – Postgrado “Higiene y seguridad en obras de arquitectura” (Titular de la cátedra)
- Docente IRAM-UCA, docente IRAM-UCEL
- Miembro del Sub-comite de Pararrayos IRAM-AEA
- Instructor de Karate Do (5ºDAN) – Escuela Miyazato –

Diplomatura en eseñanza del Karate Do – Escuela Miyazato – 2018 – Universidad Nacional de Villa Maria – Cordoba (93hs de dictado – Resolución Rectoral N.º 886/2018).

info@ingdadatto.com

www.ingdadatto.com

Presentaciones

- Su nombre
- Profesión o actividad
- Organización
- ¿Productos / Servicios ?
- Expectativas sobre el curso

Seguridad y Riesgo Eléctrico

Temario

- Normas de Aplicación y bibliografía
- Introducción. Clasificación de los fenómenos. Efectos del rayo.
- Definiciones y criterios de la Norma.
- Determinación de los niveles de protección del sistema de protección contra rayos. (básico / introductorio)
- Protección contra la caída del rayo. Protección primaria – Diseño
- Protección contra la caída del rayo. Protección secundaria y terciaria. - Diseño
- Sistema interno de protección contra el rayo. - Elección de elementos, coordinación de la aislación.
- Ejemplos de aplicación, dos unidades.
- Conclusiones.

www.ingdadatto.com

Normas de Aplicación y bibliografía

Normas Principales

- **IEC 62305-1:2010 - Protection against lightning - Part 1: General principles**
- **IEC 62305-2:2010 - Protection against lightning - Part 2: Risk management**
- **IEC 62305-3:2010 - Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard**
- **IEC 62305-4:2010 - Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures**

- **IRAM 2184-1 - (ed.4- 2015) - Protección contra los rayos. Parte 1 - Principios generales.**
- **IRAM 2184-2 - (ed.4- 2015) - Protección contra los rayos. Parte 2 - Evaluación del riesgo.**
- **IRAM 2184-3 - (ed.4- 2015) - Protección contra los rayos. Parte 3 - Daño físico a estructuras y riesgo humano.**
- **IRAM 2184-4 - (ed.4- 2015) - Protección contra los rayos. Parte 4 - Sistemas eléctricos y electrónicos en estructuras.**
- **IRAM 2184-11 - (ed.2- 2016, modif. nº12018) - Protección contra los rayos. Parte 11 - Guía para la elección de los sistemas de protección contra los rayos (SPCR) para usar en la República Argentina.**

www.ingdadatto.com

Normas de Aplicación y bibliografía

Normas relacionadas

- **IRAM 2429 - (ed.3- 2015) - Dispositivos de protección contra los rayos (DPCR). Requisitos para los explosores de separación eléctrica (seccionamiento) (EDSE).**
- **IRAM 2226 - (ed.2- 2010) - Pararrayos para la protección de estructuras y de edificios. Punta Franklin normalizada (PFN) para ensayos comparativos de evaluación de pararrayos en laboratorios de alta tensión.**
- **IRAM 2345 - (ed.1- 2014) - Dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) conectados a redes (sistemas) de distribución de baja tensión. Requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo.**

- **IRAM 2281-1 - (ed.1- 1996) - Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Consideraciones generales. Código de práctica.**
- **IRAM 2281-2 - (ed.3- 2002) - Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Guía de mediciones de magnitudes de puesta a tierra (resistencias, resistividades y gradientes).**
- **IRAM 2281-3 - (ed.3- 2014) - Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Instalaciones con tensiones nominales menores o iguales a 1 kV. Parte 3 - Código de práctica.**
- **IRAM 2281-4 - (ed.2- 2016) - Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Instalaciones con tensiones nominales mayores de 1 kV. Parte 4 - Código de práctica.**
- **IRAM 2281-8 - (ed.2- 2016) - Puesta a tierra de sistemas eléctricos. Parte 8 - Puesta a tierra de soportes y artefactos para uso eléctrico en la vía pública con tensiones nominales menores o iguales a 1 kV. Código de práctica.**

Normas de Aplicación y bibliografía

Bibliografías

- **R. B. Bent. "Lightning and the hazards it produces for explosive facilities" ACS Symp. Series No. 96. 1979. p 81.**

www.iram.org.ar

www.inti.gov.ar

www.iec.org

Protección atmosférica

Introducción

La descarga atmosférica conocida como rayo, es la igualación violenta de cargas de un campo eléctrico que se ha creado entre una nube y la tierra o, entre nubes.

Los rayos que nos interesan por su efecto, son los de nube a tierra, y en éstos se pueden encontrar 4 tipos: 2 iniciados en las nubes, y 2 iniciados en tierra, ya que pueden ser positivos o negativos. Los más comunes, siendo el 90 % de los rayos detectados, son de una nube negativa hacia tierra. Los rayos que inician en tierra son relativamente raros y ocurren normalmente en montañas o en estructuras altas.

Los rayos iniciados en las nubes negativas, normalmente aparecen en nubes de tormenta del tipo cumulonimbus convectivas que usualmente miden de 3 a más de 50 km de largo, y son consecuencia de un rompimiento dieléctrico atmosférico.

Este rompimiento una vez iniciado, avanza en zigzag a razón de unos 50 metros por microsegundo con descansos de 50 microsegundos.

Protección atmosférica

Introducción

Una vez que el rompimiento creó una columna de plasma en el aire, la descarga eléctrica surgirá inmediatamente dentro de un hemisferio de unos 50 m de radio del punto de potencial más alto. Y, cualquier objeto puede ser el foco de esta descarga hacia arriba de partículas positivas, aún desde una parte metálica debajo de una torre.

La figura muestra el rayo producido por una nube cargada negativamente contra tierra según el modelo de Hasbrouk

Los rayos consisten usualmente de descargas múltiples, con intervalos entre descargas de decenas a centenas de milisegundos. La primera descarga es la que tiene mayor amplitud, mientras que las subsecuentes tienen tiempos de ataque más rápidos, aunque la velocidad de las descargas se ha encontrado que depende del lugar geográfico. La primera descarga está entre 6 y 15 x 10E7 m/s y la segunda entre 11 y 13 x 10E7 m/s.

Protección atmosférica

Introducción

El campo eléctrico debajo de una nube de tormenta es generalmente considerado entre 10 y 30 kV/m. Es importante, comparar estos valores con el de 1.5 kV/m con el que las puntas empiezan a emitir iones.

Una nube de tormenta promedio podría contener unos 140 MWh de energía con voltajes hasta de 100 MV, 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, de acuerdo con los datos del Sr. R. B. Bent (experimentales y analíticos).

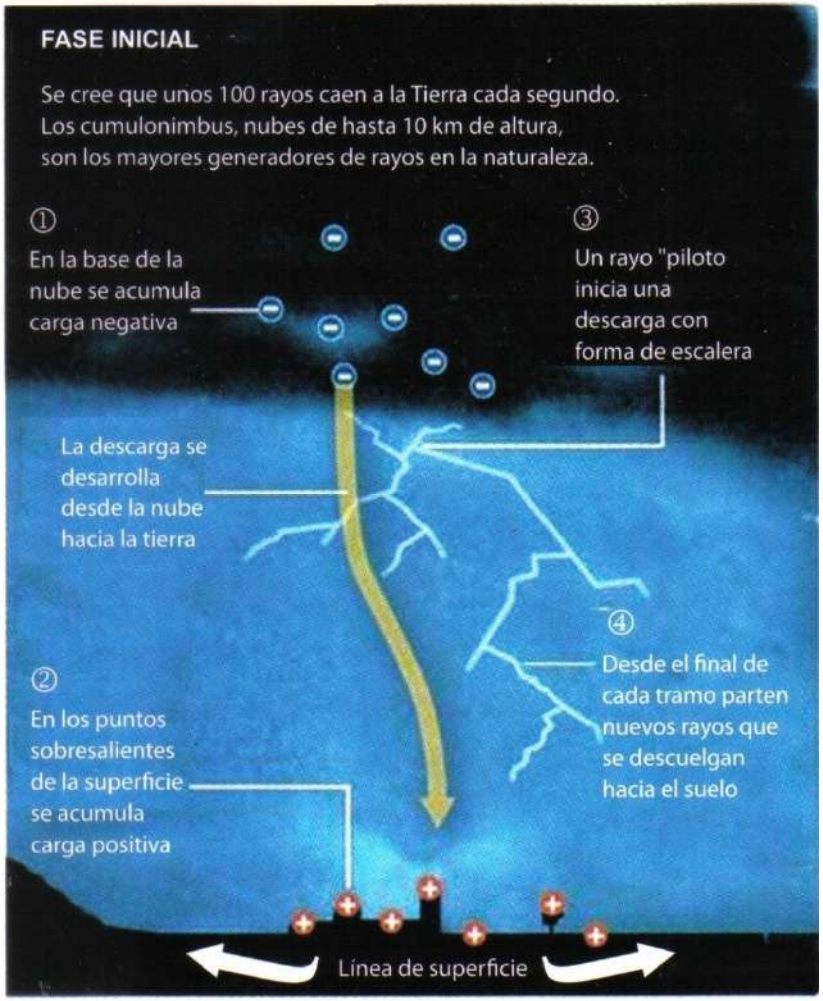
Los rayos de una nube positiva hacia tierra contienen más carga que sus contrapartes negativos, por lo que son muy estudiados. En general no exhiben el mismo comportamiento de pasos de los negativos, y suceden más frecuentemente en tormentas invernales con nieve y en latitudes altas.

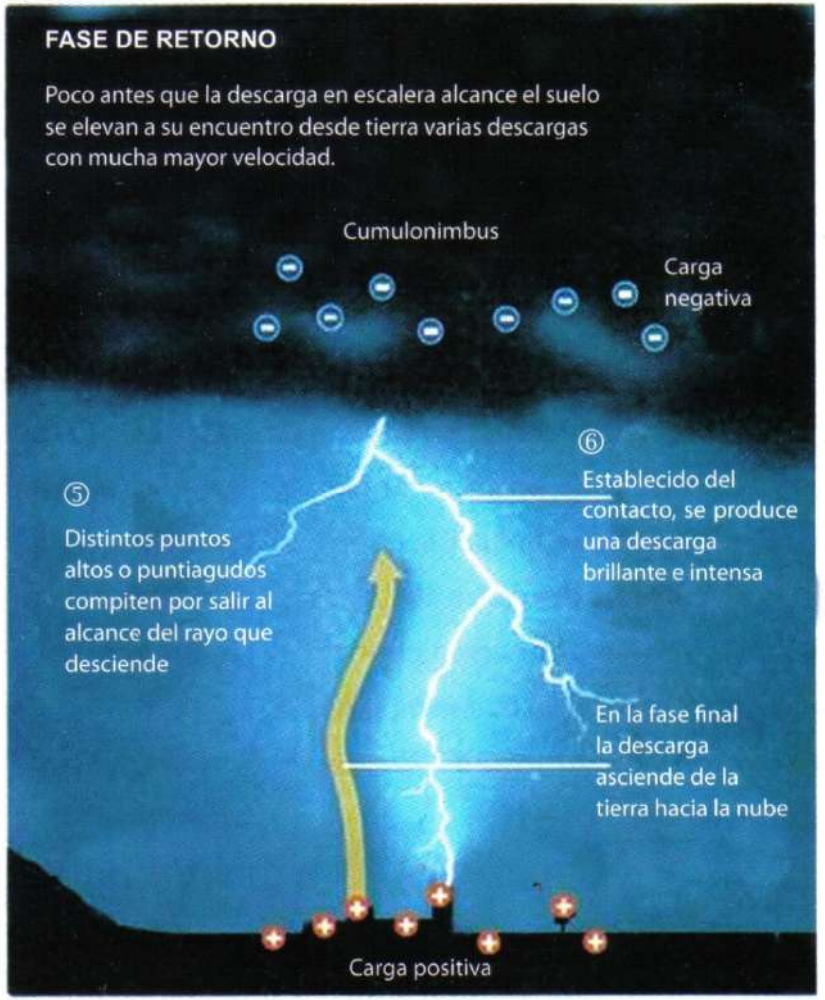
Algunas particularidades aumentan la probabilidad de la caída de rayos en un lugar. Por ejemplo, la frecuencia de descargas en un lugar es proporcional al cuadrado de la altura sobre el terreno circundante. Esto hace que las estructuras aisladas sean particularmente vulnerables. Además, las puntas agudas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

Protección atmosférica

Introducción

Propagación del rayo – Duración total del proceso 1 segundo aprox.





Protección atmosférica
Introducción

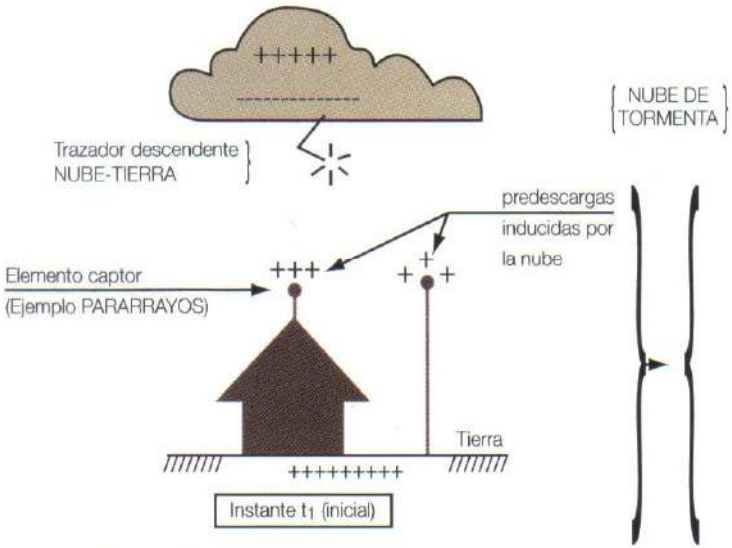


Figura 2A – Iniciación del trazador descendente (líder de pasos) desde una nube hacia la tierra.

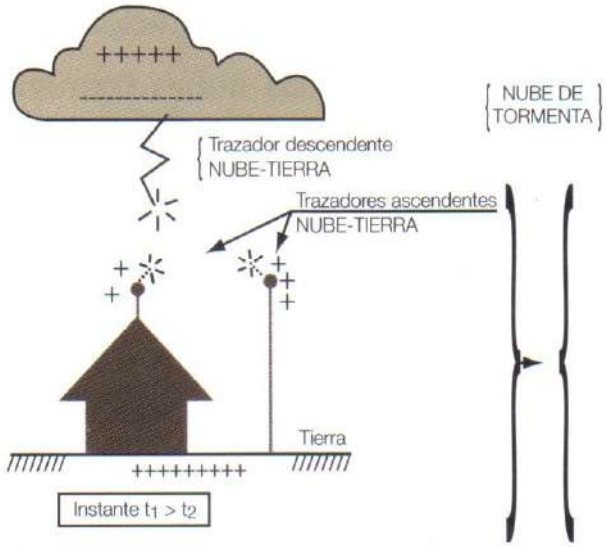


Figura 2B – Competición entre dos trazadores ascendentes desde la tierra hacia la nube tormentosa.

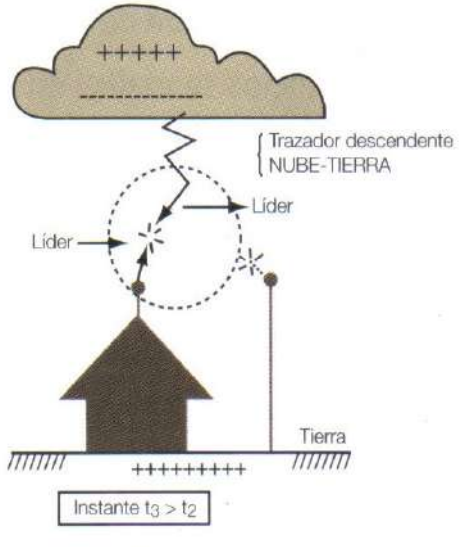


Figura 2C – Conexión entre el líder del trazador descendente nube-tierra y el líder del trazador ascendente tierra-nube (desde el pararrayos).

Figura 2 – Proceso de descarga (caída) de un rayo a tierra (con cargas negativas en la nube tormentosa y positivas inducidas en la tierra) [6] [7].

Protección atmosférica
Definiciones

Clasificación de los fenómenos eléctricos atmosféricos

Veamos dos definiciones importantes:

Rayo, **es la descarga eléctrica entre una nube y la tierra.**

Relámpago, **es la descarga producida en el interior de la nube.**

Protección atmosférica
Definiciones

Se pueden distinguir los siguientes tipos de fenómenos eléctricos atmosféricos:

- **Rayo dentro de la nube:** **es el tipo más común de descarga. Ocurre entre centros de carga opuestos dentro de la misma nube de tormenta.**

- **Rayo entre nubes:** **ocurre entre centros de carga en dos diferentes nubes con la descarga recorriendo el espacio de aire que hay entre ellas, que puede llegar a de 20Km.**

- **Rayo nube - tierra:** **es el más dañino y peligroso aunque, por fortuna, no es el más común. La mayoría se originan cerca del centro de carga negativo de la nube de tormenta y liberan carga negativa hacia la tierra. Será en este tipo en el que nos centremos.**

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Determinación de los niveles de Protección / Justificación

Efectos producidos por la caída de un rayo.

Del impacto del rayo pueden producirse incendios y mas aun en instalaciones donde hay materiales combustibles.

Cuando cae un rayo en una instalación siempre buscará el camino a tierra de más baja impedancia y por él circulará hasta tierra. Si el conductor tiene algún equipo eléctrico conectado y es atravesado por esa corriente, muy probablemente será destruido. Si bien la caída directa del rayo es la más devastadora, también es la más improbable.

www.ingdadatto.com

DAÑOS CAUSADOS POR LOS RAYOS

Tabla 1 – Efectos del rayo en estructuras típicas

Tipo de estructura según su función y/o su contenido	Efectos del rayo
Viviendas	Perforación de las instalaciones eléctricas, fuego y daños materiales Daños limitados normalmente a los objetos expuestos al punto de impacto o al paso de la corriente del rayo Fallo de los equipos y sistemas eléctricos y electrónicos instalados (por ejemplo, televisores, ordenadores, módems, teléfonos, etc.)
Granjas	Riesgo primario de incendio y de tensiones de paso peligrosas, así como daños materiales Riesgo secundario debido a la pérdida de la alimentación eléctrica, y de peligro de muerte del ganado por fallo del control electrónico de la ventilación y de los sistemas de distribución de la alimentación, etc.
Teatros Hoteles Escuelas Almacenes Zonas deportivas	Daños en las instalaciones eléctricas (por ejemplo, la iluminación) susceptibles de provocar el pánico Fallo en las alarmas de incendio y retraso en las medidas contra incendios
Bancos Compañías de seguros Compañías comerciales, etc.	Como en el apartado anterior, además de problemas por pérdida de las comunicaciones, fallo de los ordenadores y pérdidas de datos

DAÑOS CAUSADOS POR LOS RAYOS

Tabla 1 – Efectos del rayo en estructuras típicas

Tipo de estructura según su función y/o su contenido	Efectos del rayo
Hospitales Centros de salud Prisiones	Como en el apartado anterior, además de problemas de personas en cuidados intensivos, y dificultades de rescate de personas inmovilizadas
Industria	Efectos complementarios en función del contenido de las fábricas, en un rango que va desde daño menor hasta daño inaceptable y pérdida de la producción
Museos y lugares arqueológicos Iglesias	Pérdidas irreparables de patrimonio cultural
Telecomunicaciones Centrales de potencia	Pérdidas inaceptables de servicios para el público
Fábricas pirotécnicas Municiones	Consecuencias del incendio y la explosión de la planta y sus alrededores
Fáb. química Refinería Planta nuclear Plantas y lab	Incendio y mal funcionamiento de la planta con consecuencias perjudiciales para el medioambiente local y global

www.ingcadatto.com

DAÑOS CAUSADOS POR LOS RAYOS
Determinación de los niveles de Protección / Justificación

Fuentes y tipos de daños en una estructura

La corriente del rayo es la causa del daño. Las situaciones siguientes deben tomarse en consideración, según la situación del punto de impacto respecto a la estructura considerada:

- **S1: descargas que impactan directamente sobre la estructura;**
- **S2: descargas que impactan en el suelo en las proximidades de la estructura;**
- **S3: descargas que impactan directamente en los servicios conectados a la estructura;**
- **S4: descargas que impactan directamente en el suelo en las proximidades de los servicios conectados a la estructura.**

En conclusión, el rayo puede producir tres tipos de daños esenciales:

– **D1: daños en seres vivos por tensiones de paso y de contacto;**

– **D2: daños físicos (fuego, explosión, destrucción mecánica, emanación química) producidos por los efectos de la corriente del rayo, incluyendo las chispas;**

– **D3: fallo de los sistemas internos debido al IEMR.**

www.ingcadatto.com

DAÑOS CAUSADOS POR LOS RAYOS

Tabla 2 – Efectos del rayo sobre servicios típicos

Tipo de servicio	Efectos del rayo
Línea de telecomunicación	Daños mecánicos en la línea, fusión de las pantallas y de los conductores, ruptura del aislamiento del cable y del equipo produciendo un fallo primario con pérdida inmediata de servicio. Fallos secundarios en los cables de fibra óptica con daño del cable pero sin pérdida de servicio
Líneas de potencia	Daños en los aisladores de las líneas aéreas de baja tensión, perforación del aislamiento de los cables de línea, fallo del aislamiento de los equipos de línea y de los transformadores, con la consiguiente pérdida de servicio
Tuberías de agua	Daños en los equipos eléctricos y electrónicos de control con posibilidad de producir pérdidas de servicio
Tuberías de gas Tuberías de combustible	Perforación de las juntas en bridas no metálicas con posibilidad de producir un incendio y/o una explosión Daños en los equipos eléctricos y electrónicos de control con posibilidad de producir pérdidas de servicio

www.ingcadatto.com

DAÑOS CAUSADOS POR LOS RAYOS

Tabla 2 – Efectos del rayo sobre servicios típicos

En conclusión, el rayo puede dar lugar a dos tipos fundamentales de daños:

– D2: daños físicos (fuego, explosión, destrucción mecánica, emanación química) debidos a los efectos térmicos de la corriente del rayo;

– D3: fallos de los sistemas eléctricos y electrónicos debidos a las sobretensiones.

www.ingcadatto.com

DAÑOS CAUSADOS POR LOS RAYOS

Tipos de pérdidas

Cada tipo de daño, solo o en combinación con otros, puede dar lugar a pérdidas diferentes en el objeto a proteger. El tipo de pérdidas que puede aparecer depende de las características del propio objeto.

Las pérdidas L1, L2 y L3 pueden considerarse como pérdidas de valor social, mientras que la L4 se puede considerar como pérdida puramente económica.

Las pérdidas que pueden aparecer en una estructura son las siguientes:

- **L1: pérdida de vida humana;**
- **L2: pérdida de servicio al público;**
- **L3: pérdida de patrimonio cultural;**
- **L4: pérdida de valor económico (estructura y su contenido).**

Las pérdidas que pueden aparecer en un servicio son las siguientes:

- **L2: pérdida de servicio al público;**
- **L4: pérdida de valor económico (servicios y pérdida de actividad).**

NOTA. En esta norma no se considera la pérdida de vida humana en un servicio.

www.ingdadatto.com

NECESIDAD Y CONVENIENCIA ECONÓMICA DE LA PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

6.1 Necesidad de la protección contra el rayo

La necesidad de la protección contra el rayo para una estructura o un servicio debe valorarse con el fin de reducir los valores sociales L1, L2 y L3.

Con el fin de determinar la necesidad o no de la protección contra el rayo debe llevarse a cabo una evaluación del riesgo, de acuerdo a la metodología indicada en la Norma IEC 62305-2. Los siguientes tipos de riesgo deben tenerse en cuenta, en función de los tipos de pérdidas definidos en el apartado 5.3 de IRAM 2184-1:

- *R*1: riesgo de pérdida de vida humana;
- *R*2: riesgo de pérdida de servicio al público;
- *R*3: riesgo de pérdida de patrimonio cultural.

Es necesaria la protección contra el rayo si el riesgo *R* (*R*1 a *R*3) es superior al riesgo tolerable *R*T. $R > R_T$

En este caso deben aplicarse medidas de protección con el fin de reducir el riesgo *R* (*R*1 a *R*3) al valor de riesgo tolerable *R*T. $R \leq R_T$

Si el objeto a proteger puede aparecer más de un tipo de pérdida, la condición $R \leq RT$ debe cumplirse para cada tipo de pérdida (L1, L2 y L3).

Los valores del riesgo tolerable *R*T, correspondientes a las pérdidas de valor social, son responsabilidad de los organismos nacionales competentes.

www.ingdadatto.com

NECESIDAD Y CONVENIENCIA ECONÓMICA DE LA PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

NOTA 1. Una autoridad competente puede especificar la necesidad de protección contra el rayo en aplicaciones específicas sin necesidad de tener que realizar una evaluación del riesgo. En este caso los niveles de protección serán especificados por esta autoridad. A veces, una evaluación del riesgo puede llevarse a cabo como una técnica que permite la justificación de estas exigencias.

NOTA 2. En la Norma IEC 62305-2 se da información más detallada sobre la evaluación del riesgo y cómo proceder para seleccionar las medidas de protección.

6.2 Conveniencia económica de la protección contra el rayo

Tema a desarrollar por cada alumno, pueden existir distintos puntos de vista en la interpretación y sobre la base de distintas amortizaciones y criterio.

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica
Definiciones de la Norma

- ***Rayo a tierra o descarga atmosférica*: descarga eléctrica de origen atmosférico entre una nube y tierra, formada por uno o varios impulsos de corriente.**
- ***Rayo simple:* descarga eléctrica formada por un solo impulso de corriente.**
- ***Punto de impacto:* punto en el que un rayo incide sobre el terreno, estructura o un sistema de protección contra el rayo. Una zona puede tener varios puntos de impacto.**
- ***Espacio a proteger:* parte de una estructura o zona que requiere una protección contra los efectos del rayo.**
- ***Sistema de protección contra el rayo (SPCR):* sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo. Consta de un sistema externo y otro interno.**
- ***Sistema externo de protección contra el rayo:* este sistema comprende un dispositivo captor (terminal aéreo), las bajadas y un sistema de puesta a tierra.**

Protección atmosférica

Definiciones de la Norma

- ***Armadura de acero interconectada:*** **armadura de acero en el interior de una estructura que se considera que garantiza una continuidad eléctrica.**
- ***Chispa peligrosa:*** **descarga eléctrica admisible, provocada por la corriente de descarga atmosférica en el interior del espacio a proteger.**
- ***Distancia de seguridad:*** **Distancia mínima entre los elementos conductores en el interior del espacio a proteger, en la que no se puede producir ninguna chispa peligrosa.**
- ***Limitador de Sobretensión:*** **dispositivo destinado a limitar las sobretensiones entre los elementos en el interior del espacio a proteger, por ejemplo un explosor, un descargador o dispositivo a base de semiconductores.**
- ***Empalme o unión de ensayo:*** **empalme diseñado y colocado de forma tal que se puede abrir únicamente mediante herramientas y que permite realizar los ensayos y las mediciones eléctricas de los elementos del SPCR.**

Protección atmosférica
Definiciones de la Norma

- ***Sistema externo de protección contra el rayo aislado del espacio a proteger*: sistema de protección contra el rayo en el que el dispositivo captor y las bajadas están colocadas de forma tal que la trayectoria de la corriente de la descarga atmosférica no tiene ningún contacto con el espacio a proteger.**
- ***Sistema externo de protección contra el rayo no aislado del espacio a proteger*: sistema de protección contra el rayo en el que el dispositivo captor y las bajadas están colocadas de forma tal que la trayectoria de la corriente de la descarga atmosférica puede estar en contacto con el espacio a proteger.**
- ***Estructuras comunes*: estructuras utilizadas para fines habituales, comerciales, industriales, agrícolas, administrativos o residenciales.**
- ***Nivel de protección*: termino que indica la clasificación de un SPCR de acuerdo a su eficiencia. Aquí se indica la probabilidad con la que un SPCR protege un espacio contra los efectos del rayo.**

Protección atmosférica
Definiciones de la Norma

- ***Arco Lateral*: Arco eléctrico, causado por diferencias de potencial, que se produce entre cuerpos conductores de metal o entre tales cuerpos de metal y un componente del sistema de protección contra rayos o tierra.**
- ***Enlace:* Una conexión eléctrica entre un objeto eléctricamente conductor y un componente del sistema de protección contra rayos que se proyecta para reducir perceptiblemente diferencias potenciales creadas por las corrientes de los rayos.**
- ***Distancia representativa:* Es la distancia más allá de donde ocurre el inicial golpe de rayo.**
- ***Terminales Pararrayos:* Componente de un sistema de protección contra rayos que se proyecta para interceptar descargas de rayos y para conectarlos con una trayectoria definida con la tierra. Entre los dispositivos de recepción del rayo se incluyen los terminales aéreos, los mástiles de metal, las piezas permanentes de metal de estructuras, y los cables aéreos**

Protección atmosférica

Determinación de niveles de protección

Según IRAM 2184 (o IEC 62305)

Para esta norma el radio de la esfera rodante varia de acuerdo a la altura del edificio, siendo esta proporcional a la coorriente de la descarga.

La IEC le asigna a la distancia de impacto (radio de la esfera) la siguiente ecuación:

Radio de la esfera rodante = $R = 10\ I^{2/3}$ (1)

siendo I (kA), el valor de cresta de la corriente impulsiva de retorno

Para los cuatro niveles de protección que define la norma IRAM 2184 -1, le corresponderán los valores de cresta para las corrientes de retorno, indicados en la *tabla siguiente*

Protección atmosférica

Determinación de niveles de protección

Valores mínimos de los parámetros del rayo y radio de la esfera ficticia asociada correspondientes a los niveles de protección

Criterios de intercepción			Niveles de protección			
	Símbolo	**Unidad**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Valor de cresta mínimo de la corriente	*I*	kA	3	5	10	16
Radio de la esfera ficticia	*r*	M	20	30	45	60

Resolviendo ecuaciones resulta que el valor de cresta de la corriente de retorno **I**(h), en kA, en función de la altura de la punta captora h (m) resulta:

$$\mathbf{I}(h) = \mathbf{(0{,}5\ h)^{3/2}}$$

Protección atmosférica

Determinación de niveles de protección

Por lo tanto el nivel de protección no es más que la capacidad que tiene dicho sistema para proteger la instalación contra los efectos de una descarga atmosférica.

*La **Tabla** siguiente nos muestra como varia esta eficiencia de protección según los diferentes niveles. (Norma IEC 62305)*

Nivel de Protección	Eficiencia del LPS
I	0,98
II	0,95
III	0,9
IV	0,8

Protección atmosférica

Determinación de niveles de protección

Debate:

Determinar en cada una de las dos estructuras siguientes que niveles de protección le asignaría, con ambas normativas. (listar riesgos, criterios adoptados para la protección)

1 – Subestación eléctrica de mampostería.
Altura = 6 m.
Terreno = 10 x 6 m.

2 – Nave industrial, con techo de chapa y estructura de hierro.
Altura nave = 19 m.
Altura chimenea = 45 m.
Terreno = 70 x 30 m.

Discusión de lo realizado

Protección atmosférica

Protección contra la caída del rayo

Se puede establecer una clasificación de tres niveles de protección :

- ***Protección primaria:*** **El nivel primario está constituido por los sistemas de pararrayos, terminales aéreos, estructuras metálicas, blindajes y tomas de tierra.**

- ***Protección secundaria:*** **Este nivel de protección es el necesario a nivel de la alimentación del equipo o sistema.**

- ***Protección terciaria:*** **Esta a nivel de líneas de datos y transmisión, tarjetas de circuito impreso y componentes electrónicos, también se le denomina protección fina.**

Protección atmosférica

Protección contra la caída del rayo

Protección primaria

Algo importante a tener en cuenta es que cualquiera de los mecanismos de protección primaria que se adopten, tan solo protegen al edificio e instalaciones exteriores, pero no a los equipos que haya dentro de la edificación.

Dentro de los mecanismos de protección primaria se encuentran los *pararrayos, puestas a tierra, jaulas de Faraday y cables de guarda*.

Protección atmosférica

Protección contra la caída del rayo

Protección Terciaria

Las protecciones secundarias y terciarias se disponen a nivel de equipo y componente respectivamente. La frontera entre los dos niveles de protección es complicada definirla.

La protección terciaria es la aplicada a las líneas de datos, entrada / salida, comunicaciones internas en un equipo electrónico. También se suele llamar a este nivel de protección nivel de protección fina.

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Los tipos de sistemas exteriores de protección contra descargas atmosféricas (SEPDA) pueden ser:

- ***(SEPDA) natural:*** **se consideran así a las partes metálicas de las estructuras las cuales fueron realizas para cumplir con otro fin, como pueden ser tuberías, mallas metálicas las cuales cubren la parte a proteger, chapas metálicas, etc.**

- ***(SEPDA) artificial:*** **aquí las partes metálicas son utilizados solo con el propósito de la protección contra descargas atmosféricas.**

- ***(SEPDA) combinado*****: en donde los elementos de protección artificial son adicionales a los naturales.**

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Dentro del sistema externo de protección contra el rayo se destacan

- *elementos captores*
- *conductores de bajada*
- *puesta a tierra.*

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Elemento captor de la descarga.

Dispositivos captores naturales. **son consideradas así aquellas como las chapas metálicas que cubren la superficie a proteger y siempre y cuando cumplan con la continuidad eléctrica entre las diferentes partes, elementos metálicos de construcción del tejado, las piezas metálicas como canalones, decoraciones, ect.**

Dispositivos captores **no natural puede estar formado por combinación de los elementos siguientes:**

- **Varillas con puntas captoras en el aire.**
- **Conductores tendidos captores (pueden ser los conductores de bajada).**
- **Mallas conductoras captoras**

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

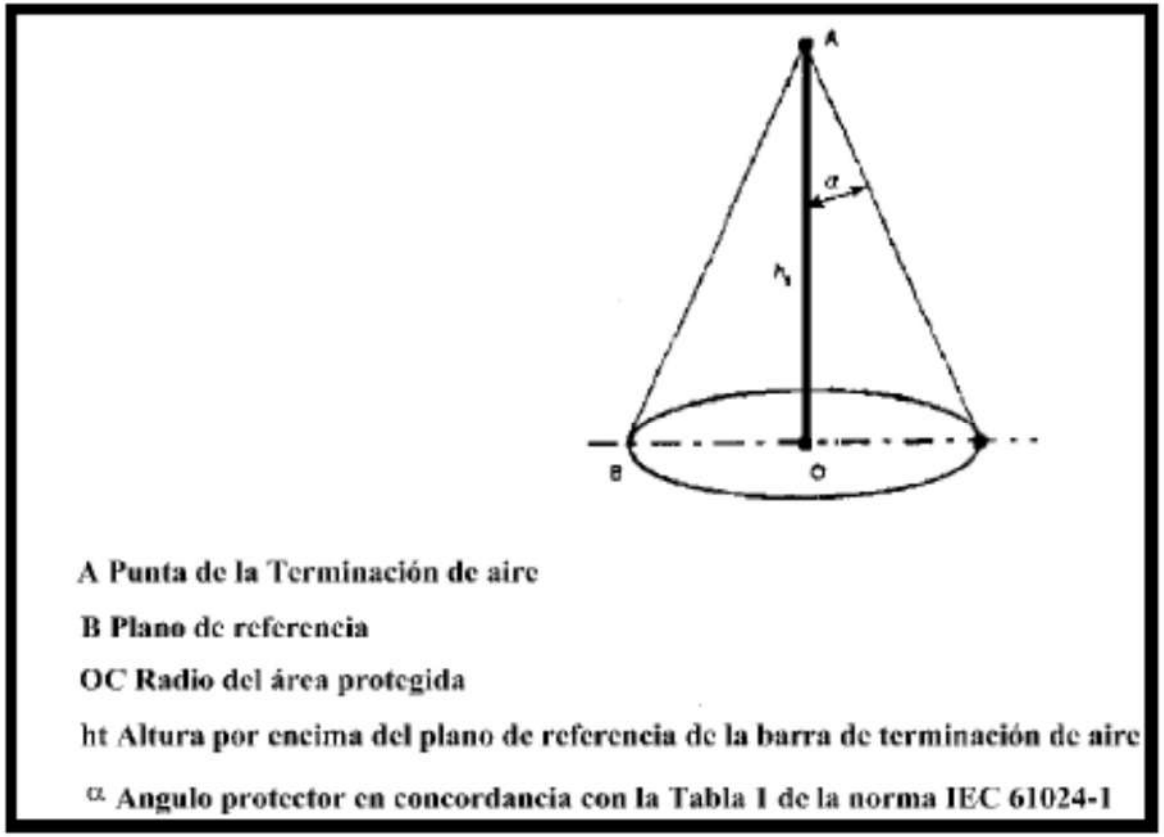
Elemento captor de la descarga.

Para el diseño del dispositivo captor pueden usarse en forma separada o conjunta los siguientes métodos

- **Angulo de protección.**
- **Esfera rodante.**
- **Mallado o retícula.**

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo



A Punta de la Terminación de aire

B Plano de referencia

OC Radio del área protegida

ht Altura por encima del plano de referencia de la barra de terminación de aire

α Angulo protector en concordancia con la Tabla 1 de la norma IEC 61024-1

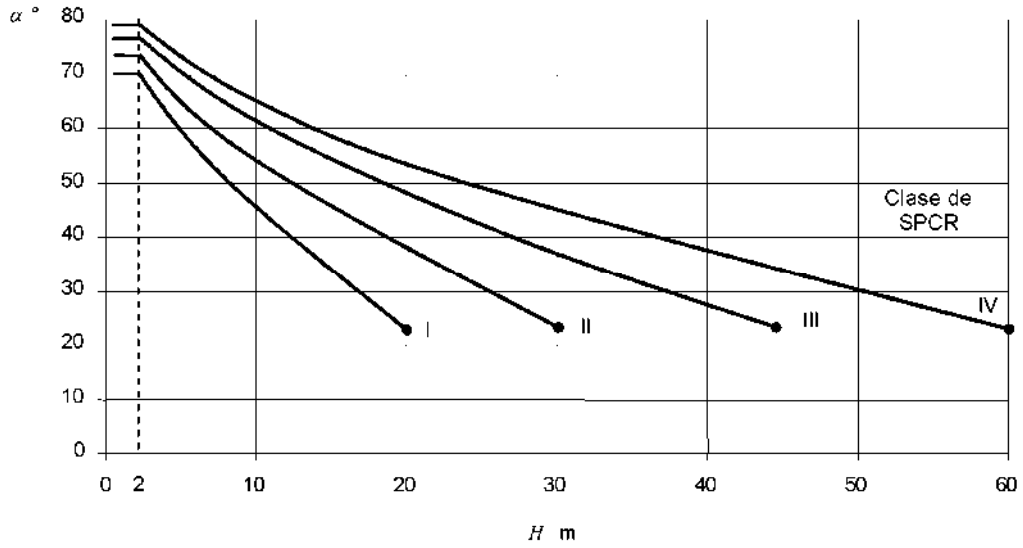
El ángulo debe adaptarse a la Tabla 2 obtenida de la norma 2184-3 EA.doc

www.ingdadatto.com

Sistema externo de Protección contra rayo

El ángulo de protección varía de acuerdo a la altura h del punto donde se coloca el elemento captor (valores máximos)

	Método de protección		
Clase de SPCR	**Radio de la esfera rodante *r* m**	**Tamaño de la malla *W* m**	**Angulo de protección α°**
I	20	5 × 5	Véase la figura anterior
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

h = altura del dispositivo captor sobre el espacio (volumen) a proteger
α = ángulo de protección (ver la tabla y la figura siguiente a ella)
R = radio de la esfera rodante (ver la tabla).

La grafica nos dará una idea de las regiones protegidas por cada uno de los dos primeros métodos citados anteriormente.

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Elemento captor de la descarga.

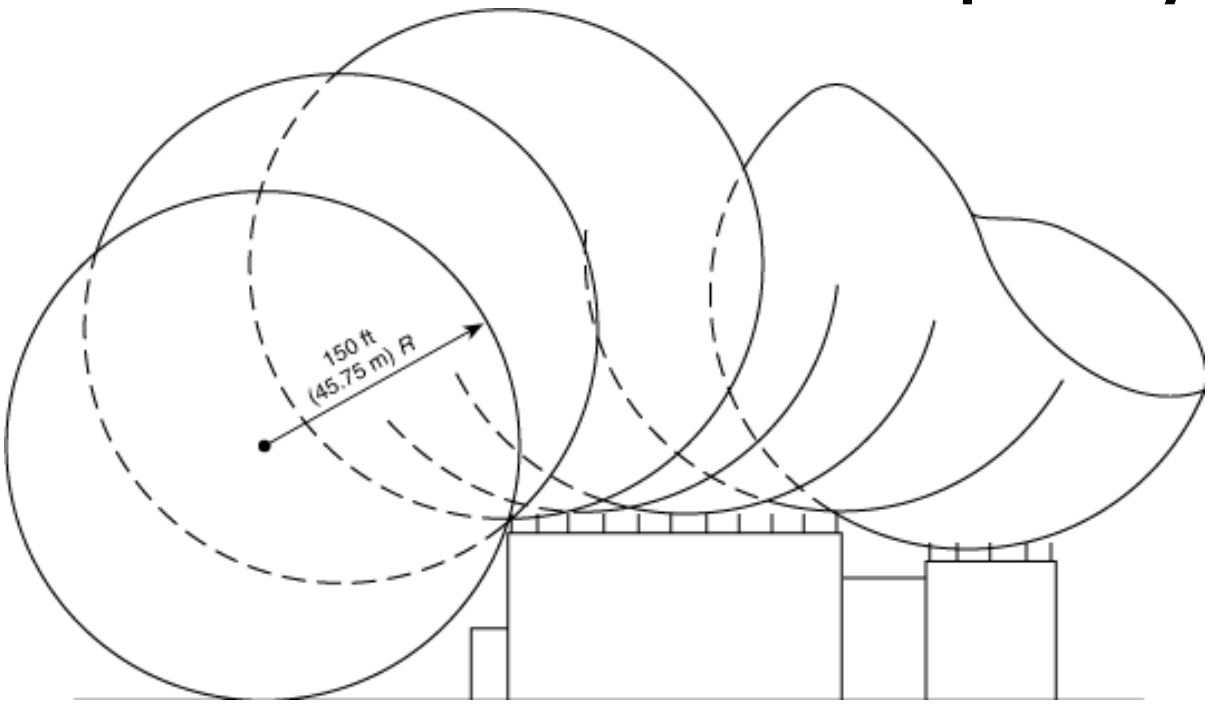
Modelo de la Esfera Rodante(2)

La zona de la protección incluirá el espacio no invadido por una esfera rodante que tiene un radio según el nivel de protección. Cuando la esfera es tangente a la tierra y toca un terminal pararrayos, todo el espacio en el plano vertical entre los dos puntos del contacto y debajo de la esfera está en la zona de la protección

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Una zona de protección también se forma cuando tal esfera toca dos o más terminales pararrayos



Zona de protección Modelo de la Esfera Rodante(3)

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Elemento captor de la descarga.

Método del Mallado o retícula(1) – IRAM o IEC.

Se aplica donde se requiera la protección de superficies planas.

Para ello se deben cumplir ciertos requisitos:

- **Los conductores utilizados como captores deberán estar sobre los bordes de los techos y azoteas.**
- **Las superficies laterales deben ser equipadas con elementos captores.**
- **Las dimensiones de la cuadricula de la malla captora no serán mayores que lo indicado por la *tabla de la norma IEC 65305-3* mostrada anteriormente.**
- **La malla se dispondrá de manera tal que la corriente producida por la descarga del rayo, encuentre siempre por lo menos dos caminos diferentes hacia tierra, teniendo en cuenta de no incluir partes de la edificación**

Protección atmosférica

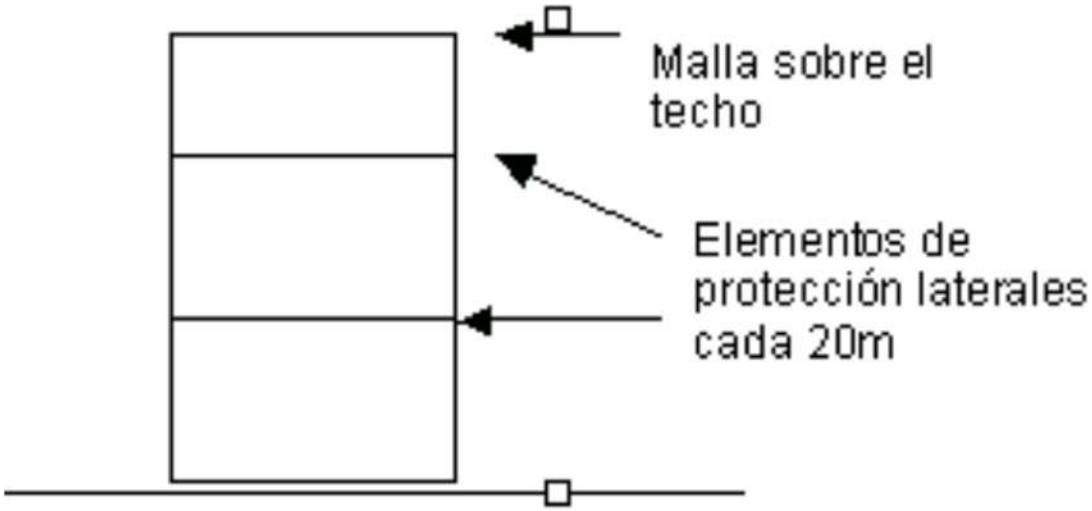
Sistema externo de Protección contra rayo

Elemento captor de la descarga.

Método del Mallado o retícula(2).

Para edificaciones mayores a los 30 m se deben proteger las paredes laterales.

La siguiente figura muestra una edificación cuya altura es superior a 30m y los elementos laterales de protección



Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Conductores de Bajada

Conducen la corriente producida por la descarga atmosférica desde el elemento captor hasta el o los sistemas de puesta a tierra.

Es aconsejable que existan varias trayectorias en paralelo para la corriente de descarga y la longitud de esta trayectoria se reduzca al mínimo posible.

Por otra parte los conductores de bajada deben:

- **Tener los calibres estipulados por la tabla siguiente.**
- **Los conductores deben ser tan cortos como sea posible.**
- **La distancia de los conductores no debe ser mayor a los establecidos por norma.**

www.ingenieria.com

Sistema externo de Protección contra rayo

Conductores de Bajada De acuerdo a la norma IRAM 2184-3

Dimensiones mínimas de las secciones de los conductores y de las varillas de los sistemas de captura

Material	Configuración	Sección mínima mm²	Comentarios [10]
Cobre	Pletina Redondo [7] Cable trenzado Redondo [3], [4]	50 [8] 50 [8] 50 [8] 200 [8]	Espesor mínimo 2 mm Diámetro de 8 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm Diámetro de 16 mm
Cobre estañado [1]	Pletina Redondo [7] Cable trenzado	50 [8] 50 [8] 50 [8]	Espesor mínimo 2 mm Diámetro de 8 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm
Aluminio	Pletina Redondo Cable trenzado	70 50 [8] 50 [8]	Espesor mínimo 3 mm Diámetro de 8 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm
Aleación de aluminio	Pletina Redondo Cable trenzado Redondo [3]	50 [8] 50 50 [8] 200 [8]	Espesor mínimo 2,5 mm Diámetro de 8 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm Diámetro de 16 mm
Acero galvanizado en caliente [2]	Pletina Redondo [9] Cable trenzado Redondo [3], [4], [9]	50 [8] 50 50 [8] 200 [8]	Espesor mínimo 2,5 mm Diámetro de 8 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm Diámetro de 16 mm
Acero inoxidable [5]	Pletina [6] Redondo [6] Cable trenzado Redondo [3], [4]	50 [8] 50 70 [8] 200 [8]	Espesor mínimo 2 mm Diámetro de 8 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm Diámetro de 16 mm

1) Espesor mínimo del revestimiento 1 µm, galvanizado en caliente o electrolisis.
2) El revestimiento debe ser liso, continuo y libre de manchas, y con un espesor mínimo de 50 µm.
3) Solamente se aplica a las puntas captadoras. En lugares donde los esfuerzos mecánicos tales como los debidos a la carga del viento no es crítica, pueden emplearse puntas captadoras de 1 m de largo (máximo) y 10 mm de diámetro, con fijaciones adicionales.
4) Solamente aplicable a las barras de penetración.
5) Cromo ≥ 16%, níquel ≥ 8%, carbono ≤ 0,07%.
6) Para aceros inoxidables embebidos en hormigón, y/o en contacto directo con materiales inflamables, los tamaños mínimos deberían aumentarse hasta 78 mm² (10 mm de diámetro) para los redondos y a 75 mm² (3 mm mínimo de espesor) para las pletinas.
7) En aquellas aplicaciones en las que el esfuerzo no es un requisito esencial los 50 mm² (8 mm de diámetro) puede reducirse hasta 28 mm² (6 mm de diámetro). En este caso debe tenerse en cuenta la reducción de distancia entre fijaciones.
8) Si los aspectos térmicos y mecánicos son importantes, estas dimensiones pueden aumentarse hasta 60 mm² en las pletinas y 78 mm² en los redondos.
9) La sección mínima para que no se produzca fusión para una energía específica de 10 000 kJ/Ω es de 16 mm² (cobre), 25 mm² (aluminio), 50 mm² (acero) y 50 mm²

www.ingenieria.com

Sistema externo de Protección contra rayo

Conductores de Bajada De acuerdo a la norma IRAM 2184-3

Dimensiones mínimas de las secciones de los conductores y de las varillas de los sistemas de captura, así como las de los conductores de bajada

Valores típicos de distancias entre los conductores de bajada o entre anillos conductores en función de la clase del SPCR

Clase del SPCR	Distancias típicas m
I	10
II	10
III	15
IV	20

www.ingenieria.com

Sistema externo de Protección contra rayo

Materiales, configuraciones y dimensiones mínimas de los electrodos de puesta a tierra, según IRAM 2184-3

Material	Configuración	Dimensiones mínimas			Comentarios
		Pica ∅ mm	Conductor de tierra	Placa de tierra mm	
Cobre	Cable trenzado [3] Redondo [3] Pletina [3] Redondo Tubo Placa Placa mallada	 15 [8] 20	50 mm² 50 mm² 50 mm²	 500 × 500 600 × 600	Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm Diámetro de 8 mm Espesor mínimo 2 mm Espesor mínimo de la pared 2 mm Espesor mínimo 2 mm sección de 25 mm × 2 mm Longitud mínima de la placa mallada 4,8 m
Acero	Redondo galvanizado [1], [2] Tubo galvanizado [1], [2] Pletina galvanizada [1] Placa galvanizada [1] Placa mallada galvanizada [1] Redondo con revestimiento de cobre [4] Redondo desnudo [5] Pletina galvanizada o desnuda [5], [6] Cable trenzado galvanizado [5], [6] Perfil en cruz galvanizado [1]	16 [9] 25 14 50 × 50 × 3	diámetro de 10 mm 90 mm² diámetro de 10 mm 75 mm² 70 mm²	 500 × 500 600 × 600	Espesor mínimo de la pared 2 mm Espesor mínimo 3 mm Espesor mínimo 3 mm Sección de 30 mm × 3 mm Contenido de cobre 99% y espesor radial mínimo de 250 µm Espesor mínimo 3 mm Diámetro mínimo de cada hilo 1,7 mm
Acero inoxidable [7]	Redondo Pletina	15	diámetro de 10 mm 100 mm²		Espesor mínimo 2 mm

Sistema externo de Protección contra rayo

Materiales, configuraciones y dimensiones mínimas de los electrodos de puesta a tierra, según IRAM 2184-3

1) El revestimiento debe ser liso, continuo y libre de manchas con un espesor mínimo de 50 μm para los redondos y de 70 μm para las chapas.
2) Las roscas deben mecanizarse antes del galvanizado.
3) También puede estañarse.
4) El cobre debería estar unido intrínsecamente al acero.
5) Solamente se admite cuando está embebido completamente en hormigón.
6) Solamente se admite si está conectado correctamente al menos cada 5 m con las armaduras naturales de acero en contacto con la cimentación.
7) Cromo ≥ 16%, níquel ≥ 5%, molibdeno ≥ 2%, carbono ≤ 0,08%.
8) En algunos países se admite 12 mm.
9) En algunas países se utilizan barras de penetración para conectar los conductores de bajada al punto de entrada en el terreno.

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Puesta a tierra.

Dispersan la corriente proveniente de la descarga atmosférica y evitar sobretensiones peligrosas.

- Se pueden encontrar dispositivos de *puestas a tierras naturales* como son las armaduras de acero interconectadas del hormigón u otras estructuras subterráneas.

- Los electrodos de tierra pueden ser uno o varios conductores anulares, conductores verticales, conductores radiales o electrodos de tierra de cimiento en las fundaciones. En forma opcional se podrán usar placas o pequeñas rejillas de tierra, pero se evitarán debido a la corrosión.

- Lo recomendable es usar una configuración geométrica en ves de un solo conductor

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Puesta a tierra. Existen dos tipos básicos de arreglos:

Arreglo tipo A:

Este tipo A de sistema de puesta a tierra es apropiado para estructuras bajas (por ejemplo, viviendas familiares), estructuras existentes, SPCR con sistema de captura de varillas o cables extendidos, o para SPCR aislados.

Esta disposición está formada por electrodos horizontales o verticales conectados a cada conductor de bajada.

En la disposición tipo A el número mínimo de electrodos debería ser dos.

Esta compuesto por electrodos de tierra verticales o radiales. Se usan en sistemas aislados y cada conductor de bajada es conectado a un electrodo de tierra separado vertical o radial.

La longitud mínima de cada electrodo será igual a *I1* si se trata de conductores radiales horizontales o bien *0,5 I1* si son electrodos verticales, siendo *I1* la longitud mínima del conductor radial.

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Puesta a tierra.

Arreglo tipo A

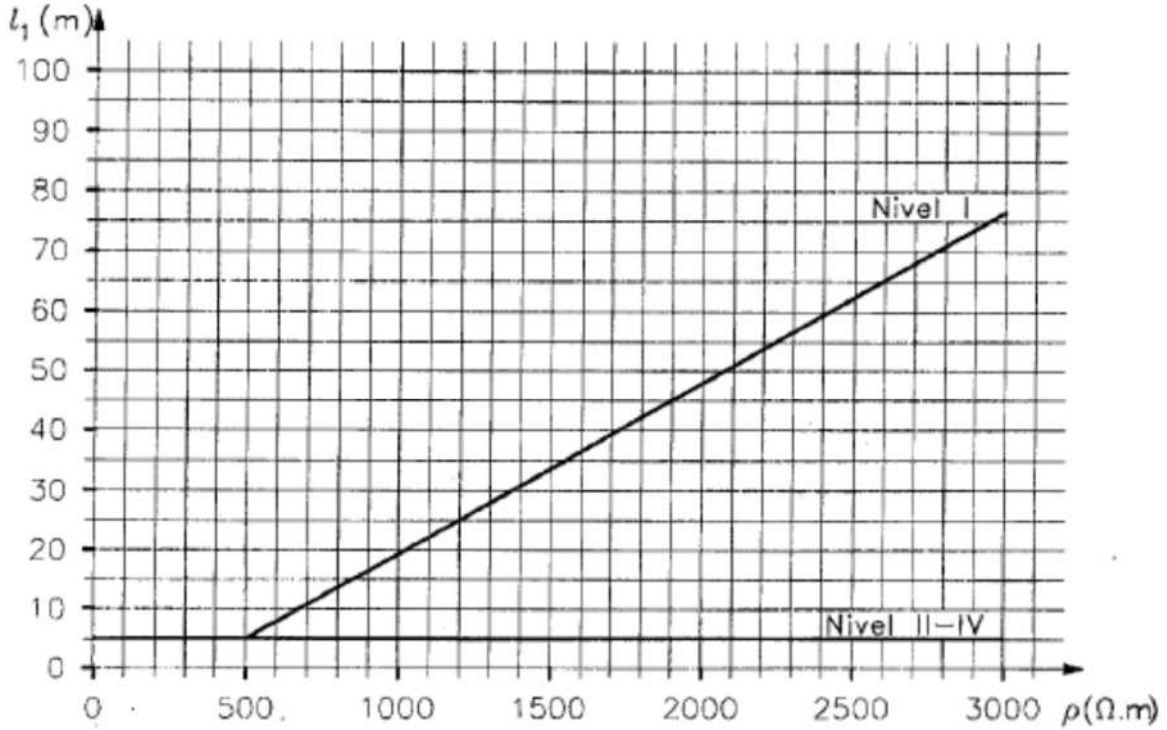


Fig. 2 - Mínima longitud l_1 de los electrodos de tierra en función de los niveles de protección (ver 2.3.2 y 2.3.3). Los niveles II al IV son independientes de la resisitividad ρ del suelo

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Sistema externo de Protección contra rayo

Puesta a tierra.

Arreglo tipo B:

se utiliza cuando el sistema captor es en forma de malla o cuando existe una gran cantidad de conductores de bajada. En este caso para los electrodos de tierra en anillo el radio que determina el área encerrada por el anillo no debe se inferior a I1 de la figura anterior.

En suelos rocosos sólo se recomienda la disposición tipo B.

Protección atmosférica

Sistema interno de Protección contra rayo

Sistema interno de Protección contra rayo.

- Evitar cualquier tipo de efecto de la corriente de descarga y de sus campos eléctricos y magnéticos sobre las instalaciones y equipos que se encuentran dentro de un edificio.

- Se debe realizar la correcta puesta a tierra de los equipos electrónicos para reducir las interferencias debido a las diferencias de voltaje en terminales críticos del circuito y garantizar también la protección de las personas.

- La equipotencialidad constituye un medio muy efectivo para reducir los riesgos por choque eléctrico dentro del espacio a proteger.

Protección atmosférica

Sistema interno de Protección contra rayo

Sistema interno de Protección contra rayo.

Se realizará una conexión equipotencial en los casos siguientes:

- **En subsuelos o cerca del nivel del suelo. En este caso todos los conductores de la conexión equipotencial deben conectarse a una barra de conexión equipotencial y la misma conectada al sistema de tierra.**
- **Encima del suelo con separaciones verticales de 20 m como máximo, para estructuras de mas de 20 m de altura.**
- **En donde no se respeten las exigencias de proximidad, en el caso de estructuras de hormigón con armaduras de acero interconectadas, estructuras con armadura de acero o bien estructuras con un comportamiento semejante a una pantalla eléctrica (ver punto 3.2 Norma IRAM 2184-1).**

Protección atmosférica

Protección contra la caída del rayo

Protección secundaria

La protección secundaria de los equipos o sistemas se encarga de la protección a nivel de la alimentación, por tanto se encarga de limitar las tensiones y corrientes

Las consideraciones a tener en cuenta para evaluar cualquier tipo de limitador son:

•Considerar las características de: energía, temperatura, dimensiones, tiempos de respuesta, corrientes de fuga y capacidad del limitador.

•Las tensiones disponibles: Es importante disponer de la tensión limitadora los más cercana posible a la deseada.

•El coste por Joule

•La fiabilidad. Funcionamiento a la máxima temperatura y desgaste

•El limitador no debe interferir con el funcionamiento normal del equipo

•Durante su funcionamiento dinámico debe limitar instantáneamente la sobretensión a un nivel de seguridad

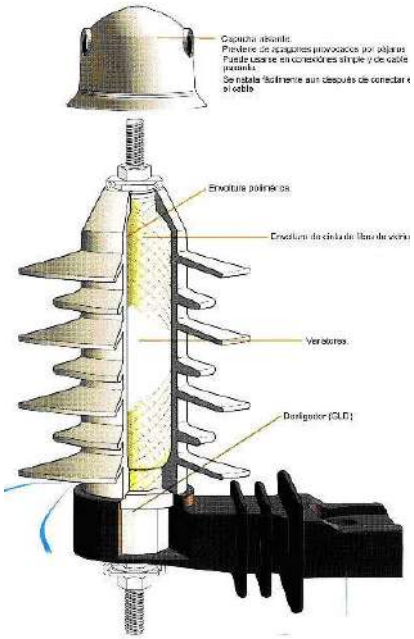
Protección atmosférica

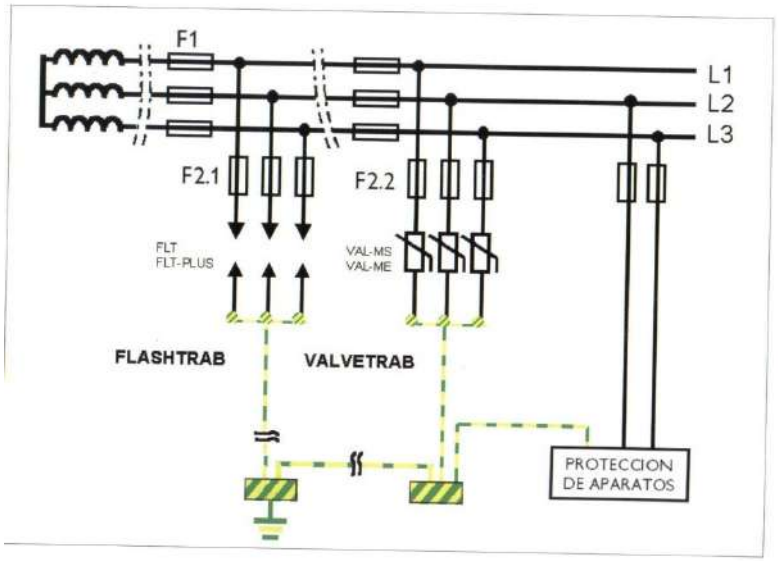
Sistema interno de Protección contra rayo

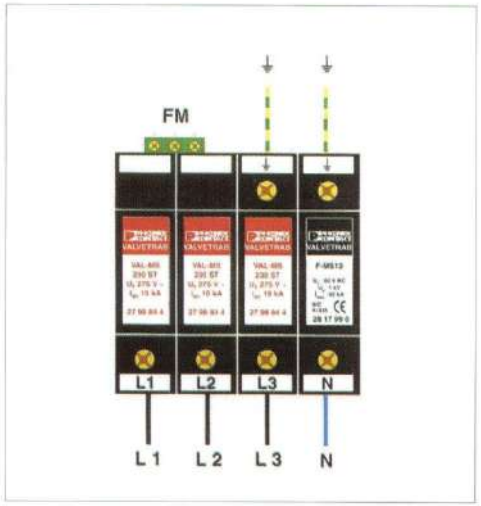
Sistema interno de Protección contra rayo.

Como protección secundaria, comercialmente se utilizan descargadores de sobre tensión, el calculo de los mismos excede este trabajo.

Este tipo de protecciones se colocan en barras de alimentación o ingreso de tensión al sistema.







VAL-MS 230/3+1-FM
Combinación de descargadores de sobretensiones de cuatro canales

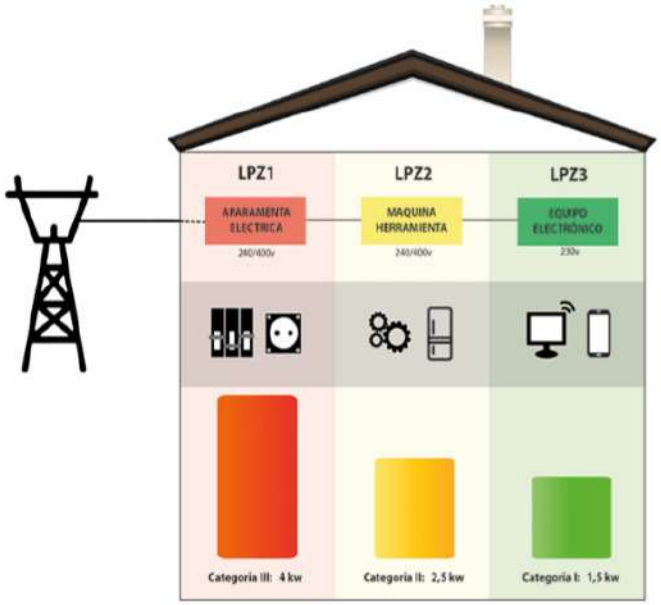
Protección atmosférica

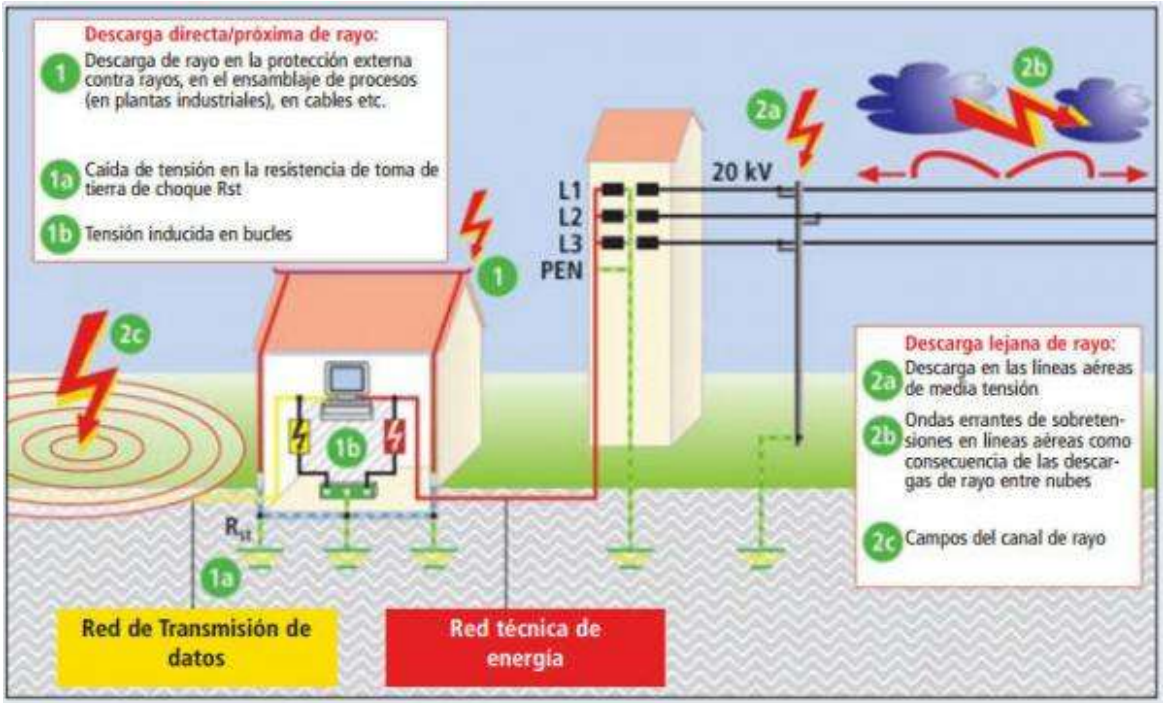
Sistema interno de Protección contra rayo

CATEGORIAS DE LAS SOBRETENSIONES

Las categorías nos indican cual es el valor de tensión soportada a onda de choque por el equipo y determinan el valor límite máximo de tensión (Up) residual que deberán tener los protectores en cada zona.

El objetivo de instalarlos es evitar los efectos devastadores de los picos de tensión sobre equipos eléctricos y/o electrónicos, recortando dichos picos a valores admisibles, dependiendo de la categoría que tenga el equipo que queremos proteger.





Causas de las sobretensiones al producirse descargas de rayo.

Protección atmosférica

Sistema interno de Protección contra rayo

Protectores Tipo I

Según la norma IEC 61643-11 los protectores de sobretensiones que pertenecen a esta clase debe ser equipos capaces de soportar ondas de gran energía del tipo 10/350 µs, y se recomienda su uso en acometidas de baja tensión en el cuadro del tablero general aguas debajo del totalizador general.3

Los protectores Tipo 1 son necesarios cuando es de esperar una descarga directa de rayo, por ejemplo:

- **Edificios de gran altura (más de 35 m) con sistema de protección externa contra rayos.**
- **Protección de industrias con sistemas de protección externa.**
- **Hospitales, edificios públicos o de patrimonio cultural, etc. con distancia inferior a 50 m. de una instalación con protección externa.**
- **Protección de viviendas rurales con sistema de protección externa.**

Protección atmosférica

Sistema interno de Protección contra rayo

Protectores Tipo 2

- **Protectores con capacidad para derivar a tierra corrientes altas en curva 8/20 µs.**
- **Nivel de protección (Up) medio.**
- **Son los más ampliamente utilizados porque ofrecen un nivel de protección compatible con la mayoría de equipos que se conectan a la red de alimentación.**
- **Su uso es adecuado como protección media cuando se tengan instalados protectores de Tipo 1 como primer escalón en viviendas, comercios,...**
- **Los protectores Tipo 2 deben instalarse siempre aguas abajo de los protectores Tipo 1 en todas las instalaciones con protección externa, en el cuadro de baja tensión. Su instalación en cabecera será suficiente cuando no exista protección externa.**

Protección atmosférica

Sistema interno de Protección contra rayo

Protectores Tipo 3

- **Protectores con capacidad para derivar a tierra corrientes medias en curva 8/20 µs.**
- **Nivel de protección (Up) bajo.**
- **Deben instalarse para la protección de equipos sensibles tanto en el caso de viviendas como de industria, o en equipos que estén a una distancia superior a 20 m de donde esté instalado el protector de Tipo 2.**
- **Deberá ser precedido en la instalación por un protector Tipo 2.**

Protección atmosférica

Sistema interno de Protección contra rayo

SELECCIÓN DE LOS PROTECTORES CONTRA SOBRETENSIONES

Se conectan entre un conductor activo (fase) y tierra, aguas arriba del equipo al que protegen.

Su estado normal es de alta impedancia, pero cuando la sobretensión supera su umbral de tensión, el protector pasa a un estado de baja impedancia y permite disipar a tierra la sobretensión protegiendo al equipo.

Para seleccionar qué protector instalar, debemos tener en cuenta:

- **Tensión nominal de la línea.**
- **Nº de fases a proteger.**
- **Tipo de red (TT, TN, TNC, TNCS).**
- **Categoría del equipo a proteger.**
- **Nivel de exposición a las sobretensiones (Imax).**

NORMATIVA

IEC 61643-11:2013 Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias de baja tensión.

IEC 60664-1 Coordinación de aislamiento de los equipos en los sistemas (redes) de baja tensión.

Protección atmosférica

Ejemplo de selección comercial

Forma de red		Descripción	Descargad. de corrientes de rayo Tipo 1	Descargador de sobretensiones Tipo 2	Protección de aparatos Tipo 3	Anchura de 12 mm por canal	Anchura de 17,5 mm por canal	Enchufable y verificable	Indicación de estado + contacto IR	Para montaje sobre carril simétrico	Adaptador	Regleta de tomas de corr. multipolar	Instalación en toma de corriente	Módulo de protecc. contra sobretens.	Código	Página
Alimentación de energía trifásica	TN-S/ TT	Alimentación de corriente trifásica N y tierra (PE) separados	✓											FLT-CP-PLUS-3S-350	2882640	14
			✓	✓				✓	✓	✓				FLT-CP-3S-350	2859712	22
				✓		✓								VAL-CP-3S-350	2859521	26
							✓							VAL-MS-320/3+1-FM	2859181	36
	TN-C	Alimentación de corriente trifásica PEN común	✓											FLT-CP-PLUS-3C-350	2882653	14
			✓	✓				✓	✓	✓				FLT-CP-3C-350	2859725	22
				✓		✓								VAL-CP-3C-350	2859547	26
							✓							VAL-MS-320/3+0-FM	2920243	37
Alimentación de energía bifásica	TN-S/ TT	Alimentación de corriente bifásica N y tierra (PE) separados	✓											FLT-CP-PLUS-2S-350	2882666	15
			✓	✓				✓	✓	✓				FLT-CP-2S-350	2859767	23
				✓		✓								VAL-CP-2S-350	2859505	27
	TN-C	Alimentación de corriente bifásica PEN común	✓											FLT-CP-PLUS-2C-350	2882679	15
			✓	✓				✓	✓	✓				FLT-CP-2C-350	2859770	23
				✓		✓								VAL-CP-2C-350	2859589	27
Alimentación de energía monofásica	TN-S/ TT	Alimentación de corriente monofásica N y tierra (PE) separados	✓											FLT-CP-PLUS-1S-350	2882682	15
			✓	✓				✓	✓	✓				FLT-CP-1S-350	2859738	23
				✓		✓								VAL-CP-1S-350	2859563	27
	TN-C	Alimentación de corriente monofásica N y tierra (PE) común	✓											FLT-CP-PLUS-1C-350	2882695	16
			✓	✓				✓	✓	✓				FLT-CP-1C-350	2859741	24
Alimentación de energía Equipo terminal	TN-S/TT	Alimentación de corriente trifásica en el equipo termina N y tierra (PE) separados			✓				✓	✓				PT 4-PE/S-230AC	2882459	40
	TN-S/TT	Alimentación de corriente monofásica en el equipo terminal			✓			✓	✓	✓				PT 2-PE/S-230AC	2858357	40
					✓						✓			MNT-1D[1])	2818180	45
					✓							✓		CBT-SCHUKO[1])	2857280	45
					✓								✓	BT-SKT-230AC	2859343	42

[1]) La protección de la alimentación de corriente está disponible en las ejecuciones específicas de los países

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Materiales(1).

- Se realizarán con materiales que sean resistentes a la corrosión o protegidos contra esta.

- Las combinaciones de los materiales que forman pares electrolíticos de naturaleza tal que la corrosión se acelere en la presencia de humedad no deberán ser utilizadas.

- Se deberá utilizar uno o más de los materiales siguientes:

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Materiales(2).

- ***Cobre:*** **será del grado requerido ordinariamente para el trabajo eléctrico, generalmente como de una conductividad del 95 % cuando sea recocido.**
- ***Aleaciones de cobre:*** **estas serán tan substancialmente resistentes a la corrosión.**
- ***Aluminio:*** **se deberá tener el cuidado de no utilizarlo donde podría hacer contacto con la tierra o donde se pueda deteriorar rápidamente.**

Los materiales de cobre de las protecciones contra rayos no se instalarán en techos de aluminio, revestimientos externos, u otras superficies de aluminio y los materiales de aluminio de las protecciones contra rayos no se instalarán en las superficies de cobre

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Materiales(3).

- Materiales del spcr y condiciones de utilización Norma IRAM 2184

MATERIAL	UTILIZACIÓN			CORROSIÓN		
	AL AIRE LIBRE	ENTERRADO	EN HORMIGÓN	RESISTENCIA FRENTE A	AUMENTA CON	ELECTRO-LÍTICA CON
Cobre o | acero-cobre	Macizo Cableado	Macizo Cableado	–	Muchos materiales	- Cloruros de alta concentración - Compuestos de azufre - Materiales orgánicos	–
cobre	Como recubrimiento	Como recubrimiento				
Acero cincado en caliente	Macizo Cableado	Macizo	Macizo	Bueno aún en suelos ácidos	–	Cobre
Acero inoxidable	Macizo Cableado	–	–	Muchos materiales	Agua con cloruros disueltos	–
Aluminio	Macizo Cableado	–	–	–	Agentes básicos	Cobre
Plomo	Macizo Como recubrimiento	Macizo Como recubrimiento	–	Elevada concentración de sulfatos	Suelos ácidos	Cobre

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Protección contra la corrosión.

Se deberán tomar precauciones para proporcionar la protección necesaria contra cualquier deterioro potencial de cualquier componente de la protección contra rayos debido a las condiciones locales. Los componentes de cobre instalados dentro de 24 pulgadas (600 milímetros) de la tapa de una chimenea o de un respiradero emisor de gases corrosivos deberán ser protegidos por una cobertura de plomo bañado en caliente o equivalente.

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Daño mecánico o desplazamientos.

Cualquier parte de un sistema de protección contra rayos que sea pasible de sufrir daños o ser quitado de su colocación deberá ser protegido con un molde o una cubierta protectora. Si se utiliza un caño o tubería de metal alrededor del conductor, el conductor deberá ser conectado eléctricamente con el caño o la tubería en ambos extremos.

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Terminales pararrayos

Según la norma NFPA los terminales pararrayos se colocarán en todas las partes de una estructura que sean pasibles de ser dañadas por las descargas directas de rayo. Las piezas de metal de una estructura que estén expuestas a las descargas directas de rayo y que tienen un grosor del metal de 3/16 pulgadas (4,8 milímetros) o mayor requerirán solamente una conexión al sistema de la protección contra rayos. Tales conexiones proporcionarán un mínimo de dos trayectorias a la tierra. Los terminales pararrayos no se requerirán en aquellas partes de una estructura situada dentro de la zona de la protección.

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Soportes de terminales Pararrayos

Los terminales aéreos se asegurarán contra el vuelco adicionándolos al objeto que se protegerá o por medio de apoyos que se unirán permanentemente y rígidamente al edificio. Un terminal aéreo que supere las 24 pulgadas (600 milímetros) de altura se apoyará en un punto no menor que la mitad de su altura. (NFPA780)

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Altura de terminales Pararrayos(1)

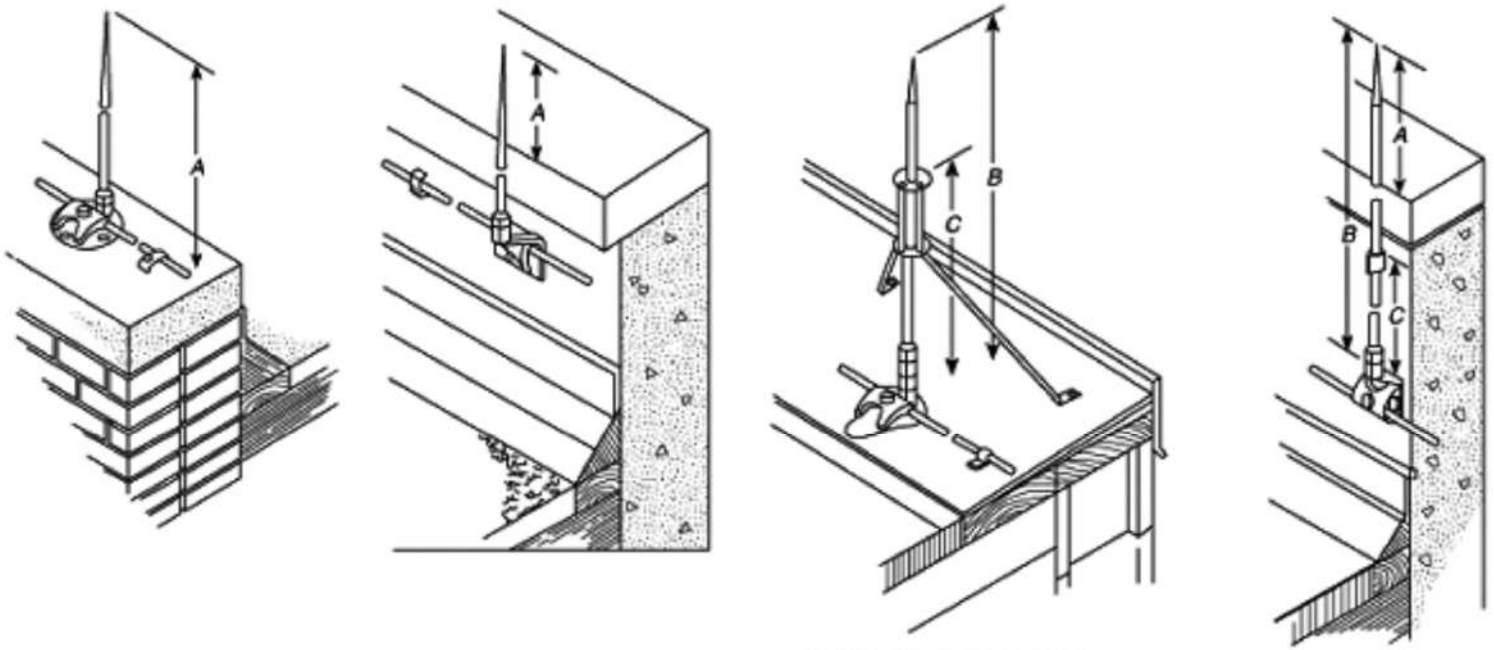
Según la norma NFPA 780,el extremo de un terminal aéreo no sobresaldrá menos de 10 pulgadas (254 milímetros) sobre el objeto o el área a proteger. (Véase Figura siguiente)

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Altura de terminales Pararrayos(2)



A: 10 in. (254 mm). See 3-6.1.
24 in. (600 mm). See 3-6.2.
B: Air terminals over 24 in. (600 mm) high shall be supported.
C: Air terminal supports shall be located at a point not less than one-half the height of the air terminal.

Figura - Altura de terminales aéreos

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Diseño de los sistemas de Protección contra rayo

Soportes de terminales Pararrayos

Los terminales aéreos se asegurarán contra el vuelco adicionándolos al objeto que se protegerá o por medio de apoyos que se unirán permanentemente y rígidamente al edificio. Un terminal aéreo que supere las 24 pulgadas (600 milímetros) de altura se apoyará en un punto no menor que la mitad de su altura.

Protección atmosférica

Mantenimiento e inspección de los sistemas de protección contra el rayo.

- **Tienen como objeto asegurar que el sistema de protección contra el rayo esta de acuerdo al diseño y que todos los elementos que lo componen están en buen estado.**

- **Además mediante la inspección debemos ver que las nuevas acometidas de servicios o construcciones incorporadas recientemente están dentro del espacio protegido**

Protección atmosférica
Mantenimiento e inspección

Las inspecciones deben realizarse como siguen:

- Inspección durante la construcción de la estructura (incluye las mediciones de resistencia y continuidad).

- Inspección luego de la instalación del sistema de protección.

- Inspecciones periódicas cuyos intervalos están de acuerdo a la naturaleza del espacio a proteger y a los problemas de corrección. (incluye las mediciones de resistencia y continuidad)

- Inspecciones suplementarias luego de toda modificación o cuando se sabe que la estructura ha recibido la descarga de un rayo. (verificación de continuidad)

Protección atmosférica
Mantenimiento e inspección

De acuerdo a la norma *Iram* los intervalos recomendados se establecen según lo indica la tabla

Periodicidad recomendada para las inspecciones (ver 4.2.3) (según IEC 61024-1-2)

Nivel de protección	Periodicidad normal	Periodicidad aumentada (*)
I	2 años	6 meses
II	4 años	12 meses
III	6 años	12 meses
IV	6 años	12 meses

* **Nota:** Se aconseja la periodicidad aumentada en el caso de atmósferas corrosivas.

www.ingdadatto.com

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Ejemplo

Sistema de protección atmosférica- Subestación transformadora y sala de maquinas.

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Ejemplo de aplicación y criterios a tener en cuenta.

Antes de mostrar un ejemplo vamos a enumerar los principales criterios a seguir

1 - Solicitar toda la documentación Civil de las estructuras a proteger, determinando en esta sus puntos favorables y críticos.

2 – Determinar y estudiar el sistema de Puesta a Tierra (PaT) actual de la estructura.

3 – Determinar la norma y metodología a utilizar para realizar la correcta protección.

4 – Ver con la metodología a utilizar si es o no apto el sistema de PaT, y si es necesario o no realizar modificaciones a este.

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

5 – Ubicar los electros de captación en los vértices más altos y en distancias según la norma de aplicación. En función de estos electrodos realizar la verificación de las zonas de protección, si cumple o no con lo solicitado (en función de la experiencia del proyectista se hacen más o menos intentos hasta obtener la adecuada protección).

6 – Luego de encontrar la adecuada distribución de los electrodos se debe estudiar la forma de hacer las bajadas hasta la tierra y las conexiones de equipotenciales superiores.

7 – Como último elaboran todos los documentos necesarios y además se realiza la revisión del sistema adoptado.

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Documentos mínimos a realizar(1):

- Lista de Materiales; **documento donde se listan todos los materiales necesarios y sus características técnicas.**

- Especificación técnica; **Es el documento donde se citan los lineamientos técnicos para hacer el trabajo y además sirve de marco para adjudicar la ejecución de la obra.**

- Memoria descriptiva; **(puede no ser exigida por el solicitante) es el documento donde se deja constancia de los lineamientos normativos que se han seguido para hacer el diseño del sistema bajo estudio, además de los criterios y lineamientos generales adoptados**

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Documentos mínimos a realizar(2):

- ***Planos:*** ***(como mínimo se deben realizar los siguientes)***

- Vista en planta, con la ubicación de los electrodos y sus conexiones.

- Cortes para indicar las bajadas y laterales.

- Zonas protegidas, estos son planos de vistas laterales donde se indican el área que queda protegida.

- Típicos de montaje

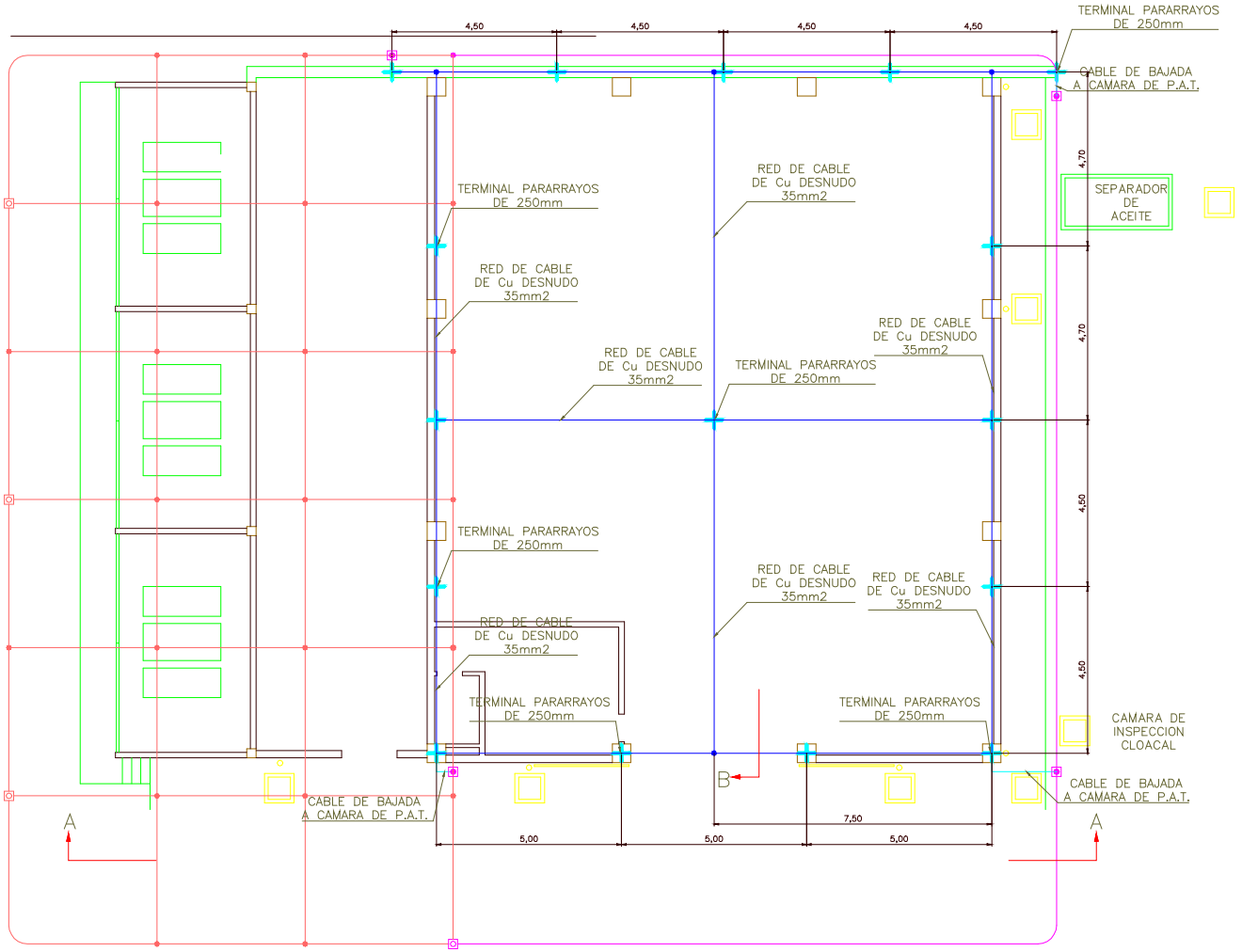
www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

Ejemplo de Aplicación

Vista en planta, con ubicación de eléctrodos

+ eléctrodos

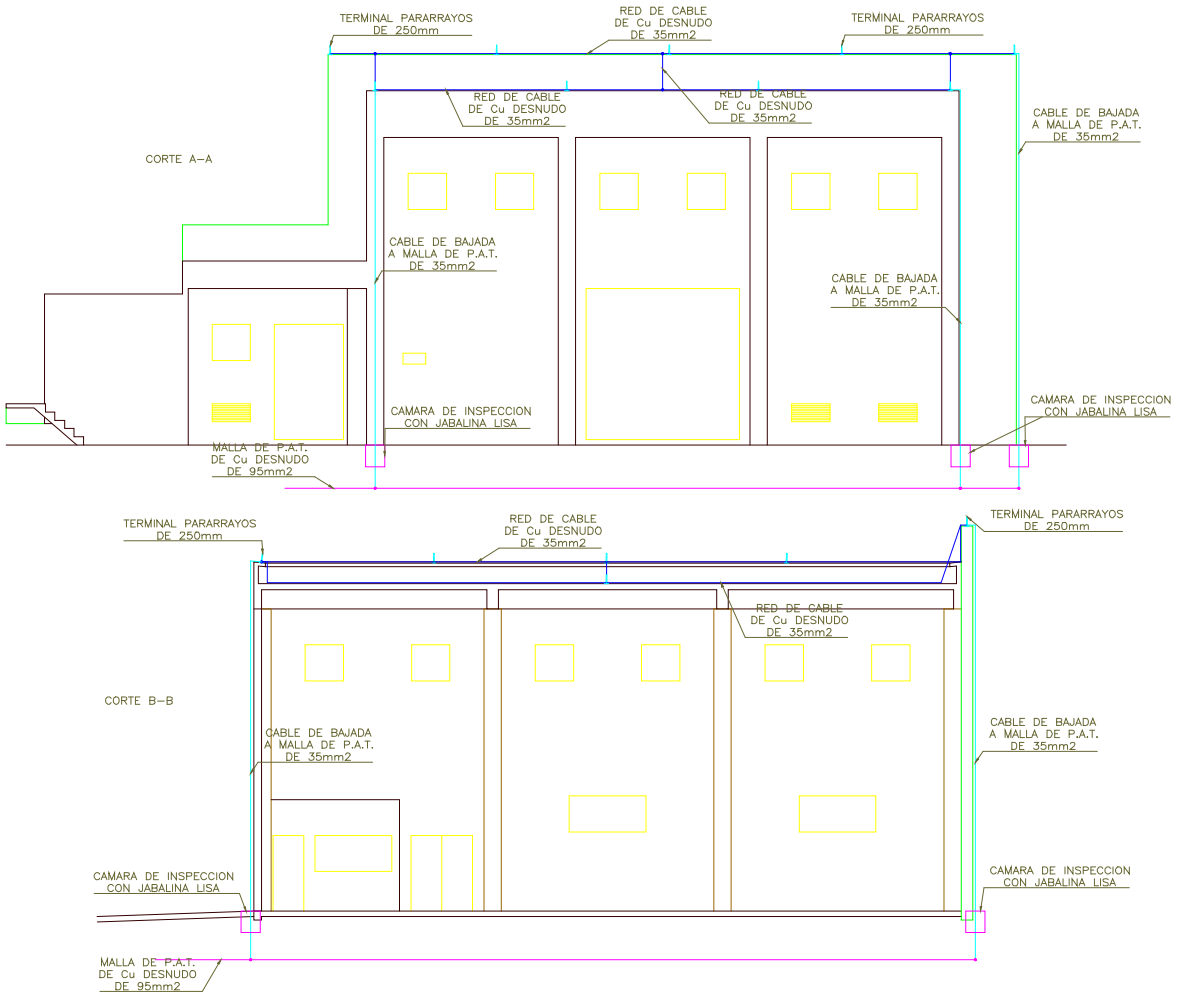


www.ingdadatto.com

Protección atmosférica

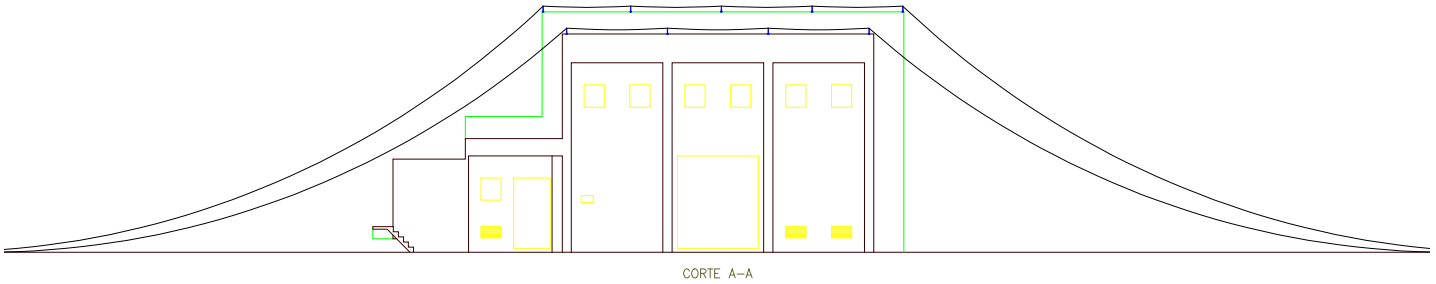
Ejemplo de Aplicación

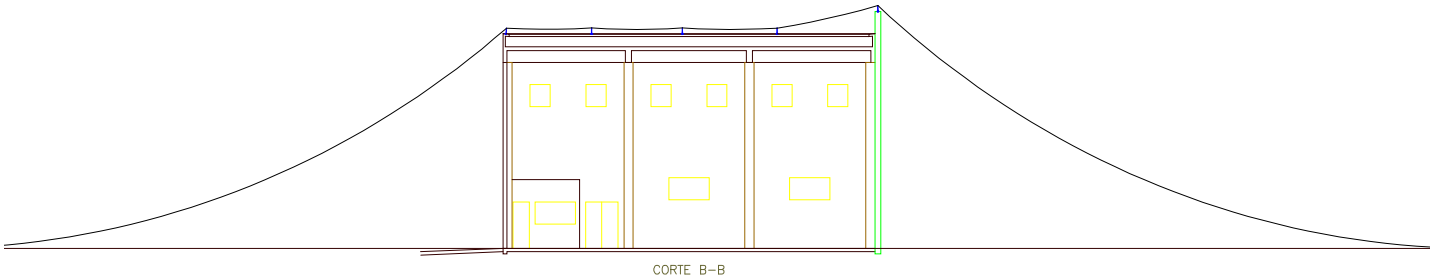
Cortes para indicar bajadas.



Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Zonas protegidas.

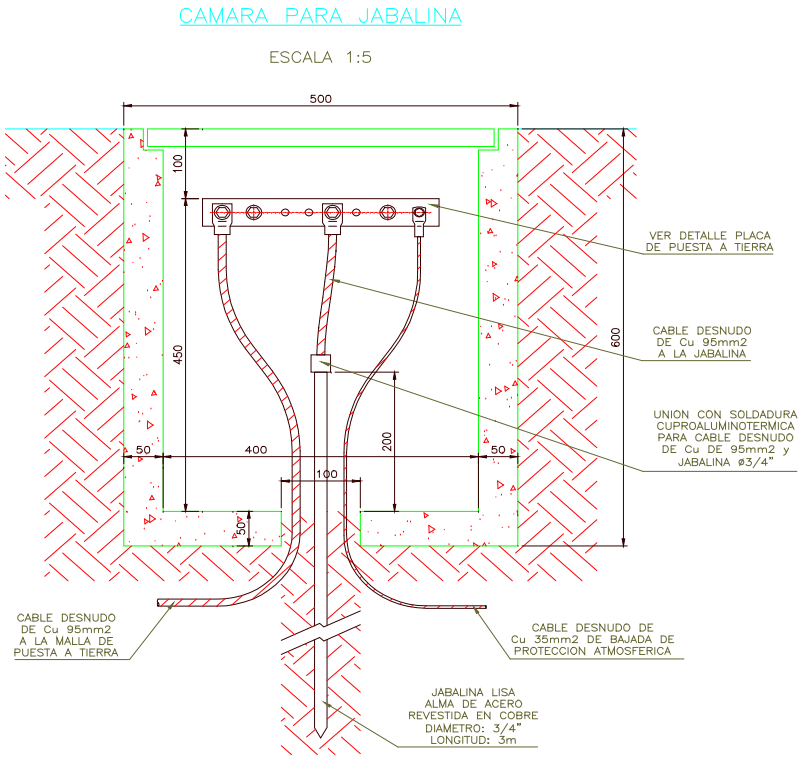




www.ingdadatto.com

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Típicos de montaje



NOTAS:

1.– SE INSTALARAN 1 PLACA POR CADA CAMARA DE INSPECCION DE JABALINA

2.– LA BARRA DE COBRE DEBERA ESTAÑARSE EN LOS LUGARES QUE ESTE EN CONTACTO CON PIEZAS DE HIERRO GALVANIZADO.

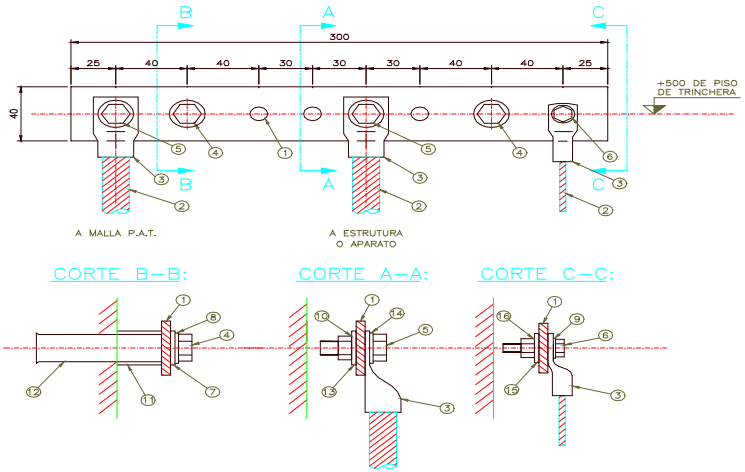
www.ingdadatto.com

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Típicos de montaje

PLACA DE PUESTA A TIERRA

ESCALA 1:2



LISTA DE MATERIALES

POS.	DESCRIPCION	CANT.
1	PLACA DE Cu DE 40x5 mm LARGO 300 mm	1
2	CABLE DE COBRE DESNUDO	–
3	TERMINAL A COMPRESION PARA CABLE DE COBRE	2
4	BULON DE ACERO GALVANIZADO CABEZA EXAGONAL 3/8" x 2" R.W.	2
5	BULON DE BRONCE CABEZA EXAGONAL 1/2" x 1 1/4"	2
6	BULON DE BRONCE CABEZA EXAGONAL 1/4" x 1 1/4"	1
7	ARANDELA PLANA GALVANIZADA DE ACERO 3/8"	2
8	ARANDELA DE PRESION GALVANIZADA 3/8"	2
9	ARANDELA DE PRESION GALVANIZADA 1/4"	0
10	TUERCA EXAGONAL DE BRONCE – 1/2" R.W.	2
11	TUBO SEPARADOR	2
12	TACO DE FIJACION DE 3/8"	2
13	ARANDELA PLANA DE BRONCE 1/2"	2
14	ARANDELA DE PRESION GALVANIZADA 1/2"	2
15	ARANDELA PLANA DE BRONCE 1/4"	0
16	TUERCA EXAGONAL DE BRONCE – 1/4" R.W.	

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Lista de Materiales.

REQUISICION DE MATERIALES DE INGENIERIA

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1	CAMARA DE INSPECCION PARA JABALINA, MEDIDAS EXTERIORES APROXIMADAS 500x500x600mm. CONSTRUIDA DE ACUERDO A PLANO SW-E-PL-10.	n°	5,00	
2	JABALINA LISA DE COBRE CON ALMA DE ACERO, DE 3/4"x3m., PARA PUESTA A TIERRA. MARCA COPPERWELD, COPPERBOND, FASTEN O SIMILAR.	n°	5,00	
3	UNION CABLE A JABALINA CON SOLDADURA CUPROALUMINOTERMICA, PARA CABLE DESNUDO DE Cu DE 95mm2 Y JABALINA DE 3/4", COMPLETO CON MOLDE Y FUNDENTE. MARCA COPPERWELD, COPPERBOND, FASTEN O SIMILAR.	n°	5,00	
4	PIEZA DE UNION PARA CABLE DE 35mm2 CON			

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Especificaciones Técnicas.

Cliente: **XXXX** XXXX – XXXX	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	ET. Nº XX Exp. Tec.

SISTEMA DE PROTECCIÓN ATMOSFERICA

1. OBJETO

La presente Especificación Técnica tiene por objeto dejar sentado todas las directivas técnicas para realizar la instalación del Sistema de Protección atmosférica Sub-estación Transformadora Sala de Máquinas del frigorífico Swift de San José, en la Provincia de Entre Ríos.

2. ESPECIFICACIONES TECNICAS.

2.1. Generalidades

Los trabajos que se licitan por este Pliego corresponden la provisión de Materiales, y Mano de Obra para la realización del Sistema de Protección atmosférica de Sub-Estación transformadora Sala de máquinas.

Protección atmosférica
Ejemplo de Aplicación

Analicemos otro ejemplo:

Veamos los documentos, sistema de protección en una planta de semillas

GRACIAS POR VUESTRA PACIENCIA Y ATENCIÓN

Conclusiones y preguntas

- **Del buen diseño de la instalación de protección atmosférica depende la seguridad de todos.**

- **La mala protección ante descargas y sobretensiones es peligrosa para las personas y para las instalaciones.**

- **Antes de comenzar un proyecto primero debo analizar las normas a utilizar.**

“Quien quiera enseñarnos la verdad que no nos la diga. Que nos sitúe de tal modo que podamos descubrirla nosotros mismos”

José Ortega y Gasset

MUCHAS GRACIAS

Ing. Roberto H.B. Dadatto