

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
599:1973**

**CÓDIGO DE PROTECCIÓN
CONTRA RAYOS.**

2^{da} Edición



CODELECTRA
COMITÉ DE ELECTRICIDAD DE VENEZUELA



NORMAS VENEZOLANAS

CODIGO DE PROTECCION CONTRA LOS RAYOS

PROLOGO

Para la normalización de las instalaciones y métodos de protección contra los rayos, se resolvió adoptar el Lightning Protection Code NFPA N°78 1968 ANSI C5-1

La traducción de este código estuvo a cargo del Ing Antonio Vicens Androver, y se encargó al grupo de instalaciones su revisión y aprobación; este grupo estuvo integrado por los profesionales siguientes:

Garcés Doval, Carlos (Ministerio de Obras Públicas-Oficina Ministerial de Transporte).

Luby Vajna, Paul (Ministerio de Obras Públicas)

May, Giogio (Proyelec)

Mendoza Martínez, Augusto (Epsilon S.A.)

Soncini, Emmanuel (Oficina Técnica Soncini)

Vanags, Vitauts (Ministerio de Sanidad)

Naranjo, Alberto (C.A. La Electricidad de Caracas).

NORMAS VENEZOLANASCODIGO DE PROTECCION CONTRA LOS RAYOSI N D I C E

	páginas
Prólogo	-
Introducción.	-
Parte I - Protección de las personas	2
Introducción y objeto	2
Parte II - Protección de inmuebles y propiedades diversas .	2
Principios fundamentales de protección	3
Aspectos que deben considerarse cuando se proyecta la protección	6
Factores que gobiernan la decisión de si se protege o no	7
Sección 20 - Alcance, definiciones etc	12
Sección 21 - Protección contra el rayo en inmuebles co- rrientes	13
Sección 22- Estructuras diversas	32
Sección 23 - Inmuebles que contienen materiales infla- mables embalados	35
Sección 24 - Chimeneas	35
Sección 25 - Aeronaves y hangares	39
Sección 26 - Veleros, botes de motor, pequeños botes y barcos	42
Sección 27 - Arboles	48

INDICE(Continuación)

	Páginas
Sección 28 - Ganado en campo	49
Sección 29 - Campos de esparcimiento, de juego, parques de juego de pelota y otros lugares al aire libre! ! . .	50
Parte III- Protección de estructuras que contienen líquidos y gases inflamables	51
Introducción	51
Sección 30 - Alcance	52
Sección 31 - Medidas de protección	53
Sección 32- Protección de estructuras de tipos especiales .	59

COVENIN
599-73

NORMAS VENEZOLANAS

CODIGO DE PROTECCION CONTRA LOS RAYOS

INTRODUCCION

1 GENERALIDADES

1.1 ALCANCE

Esta norma contiene las exigencias y recomendaciones relativas a la protección de personas e inmuebles contra los rayos y a los materiales que se usan en los sistemas de protección para tal uso.

La parte I se refiere a la protección de personas.

La parte II se refiere a la protección de inmuebles.

La parte III se refiere a la protección de inmuebles que contienen gases o líquidos inflamables.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este código es fijar los criterios básicos y normas para la protección contra los rayos y establecer las consideraciones que determinan las condiciones que hacen necesaria la protección.

1.3 REVISION

Este código deberá actualizarse periódicamente.

NORMAS VENEZOLANAS

CODIGO DE PROTECCION CONTRA LOS RAYOS

PARTE I - PROTECCION DE LAS PERSONAS

INTRODUCCION Y OBJETO.

101 El peligro debido al rayo es mayor entre personas cuyas ocupaciones las mantienen al aire libre. La probabilidad de daños producidos por el rayo es, en general, muy pequeña, excepto en ciertas condiciones de exposición al aire libre.

Dentro de los inmuebles de gran tamaño y viviendas de construcción moderna, los casos de daños producidos por rayos son raros; estos casos son más frecuentes dentro de inmuebles pequeños de construcción antigua sin protección. Las escuelas o iglesias pequeñas y aisladas, donde la gente pueda reunirse durante las tormentas, representan un riesgo considerable si no están protegidas.

102 El objeto de las disposiciones de esta parte del Código, es suministrar una guía para la seguridad personal durante las tormentas.

103 Reglas de seguridad personal.

a) No salga ni permanezca al aire libre durante las tronadas. Busque refugio dentro de inmuebles, vehículos u otras estructuras o lugares que ofrezcan protección contra los rayos.

b) Busque resguardo de los rayos en los lugares siguientes:

1. Inmuebles de metal o de estructura metálica.
2. Viviendas u otros inmuebles que tengan pararrayos,
3. Inmuebles grandes,
4. Automóviles y autobuses con techo y carrocería metálica,
5. Trenes y trolebuses,
6. Remolques con carrocería metálica.
7. Barcos o botes con cubierta metálica.
8. Barcos protegidos contra los rayos.
9. Calles que estén protegidas por inmuebles inmediatos.

c) Evite en lo posible los lugares siguientes, que ofrecen poca o ninguna protección:

1. Pequeños inmuebles no protegidos, graneros, cobertizos, etc.,
2. Tiendas de campaña y refugio provisionales.
3. Automóviles con techo no metálico o descubiertos.
4. Remolques no metálicos.

d) Algunos lugares son extremadamente peligrosos durante las tormentas de rayos y deben evitarse lo más posible. La proximidad de las tormentas debe preverse y cuando éstas se hallen en la vecindad inmediata, evitarse los lugares siguientes:

1. Campos abiertos (granjas).
2. Campos deportivos.
3. Campos de golf.
4. Piscinas, lagos y orillas del mar.
5. Lugares inmediatos a cercas de alambre, alambres para tender ropa, líneas aéreas y vías férreas.
6. Arboles aislados.
7. Cumbres de colinas y espacios abiertos amplios.

En los mencionados lugares es especialmente peligroso durante las tormentas montar o ir sobre algunos de los vehículos siguientes:

1. Tractores y otro tipo de maquinaria agrícola operados al aire libre.
2. Carros de golf, motonetas, motocicletas y bicicletas.
3. Barcos abiertos (sin mástiles).

Cuando no sea posible encontrar un lugar que ofrezca una buena protección contra los rayos, al escoger lugares de refugio siganse las reglas siguientes:

1. Busque bosques densos, evite árboles aislados.
2. Busque depresiones del terreno, evite cimas de colinas y lugares elevados.
3. Busque inmuebles pequeños, tiendas de campaña y refugios en terrenos bajos, evite los inmuebles no protegidos y refugios en terreno elevados.

PARTE II PROTECCION DE INMUEBLES Y PROPIEDADES DIVERSAS

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE PROTECCION

201 El principio fundamental de protección de inmuebles contra el rayo es el de ofrecer medios para que el rayo pueda entrar o dejar la tierra, sin pasar a través de partes no conductoras del inmueble, como por ejemplo, partes de madera, ladrillo, arcilla, piedra o concreto. En tales partes no conductoras, el calor y las fuerzas mecánicas originadas por la descarga, pueden producir daños, mientras que en las partes metálicas, siempre que el metal tengan suficiente sección, el calor y las fuerzas mecánicas tienen efecto despreciable.

202 Las descargas de rayos a estructuras tienden a seguir aquellas partes metálicas que se extienden en la dirección de la descarga; por lo tanto, si se proveen adecuadamente partes metálicas puestas a tierra, de proporciones y distribución adecuadas, el daño a la estructura puede impedirse considera-

blemente. Sin embargo, debido a que el rayo tiene características muy diversas, es difícil ofrecer protección en todas las condiciones, a pesar de que el grado de protección dado por la práctica actual es muy alto, si la instalación está bien hecha y bien mantenida. El objeto de la protección contra el rayo es proteger un inmueble u otro objeto en el caso de que el rayo lo alcance, no habiendo evidencia para creer que alguna forma de protección pueda impedir que la descarga se produzca.

203 Las condiciones necesarias de protección para los inmuebles normales se logran colocando puntas pararrayos en las partes más altas del inmueble o en sus salientes, con conductores que conecten las puntas del pararrayos entre sí y a tierra. Por estos medios, una cantidad de metal relativamente pequeña, debidamente proporcionada y distribuida, puede ofrecer un grado satisfactorio de protección. Si se quiere, el material puede colocarse para que interfiera lo menos posible con el contorno y aspecto del inmueble.

El uso de puntas pararrayos radiactivas * no se ha incluido en esta norma por cuanto la información al respecto no es concluyente en cuanto a su mayor efectividad con respecto a las puntas indicadas en esta norma.

204 En el caso de inmuebles que son techados o techados y recubiertos con metal, se puede permitir la omisión de algunas puntas pararrayos y conductores de conexión, debiendo prestarse la debida atención a la unión y puesta a tierra de cualquier parte alta del inmueble que pueda ser susceptible de daño.

205 Los inmuebles con estructura de metal pueden protegerse mediante la instalación de puntas pararrayos en las partes altas del inmueble, conectando tales puntas a la estructura metálica y poniendo a tierra la estructura en su parte inferior.

206 Los inmuebles de concreto armado, en los que las cabillas han sido unidas eléctricamente en forma adecuada entre sí y puestas a tierra, son de la misma naturaleza que los inmuebles con estructura metálica en cuanto a la protección contra el rayo. Sin embargo, si las cabillas del refuerzo no son continuas eléctricamente, el inmueble deberá ser tratado igual que para los materiales no conductores. Las descargas de rayos en inmuebles de concreto reforzado con cabillas, tienen posibilidad de ser muy destructivas al causar grietas en los lugares donde las vigas y las placas del piso están unidas a las columnas.

* NOTA. En vista del uso indiscriminado de las puntas radiactivas, se dan las recomendaciones siguientes que deberán aplicarse mientras no exista al respecto una norma o ley emanada por el organismo competente, para prevenir daños a personas por causa de substancias radiactivas de las puntas.

(1) Las substancias radiactivas deberán estar encerradas o fijadas de manera segura entre capas de material coherente, inerte, resistente y no radiactivo, de modo que no puedan desprenderse en las condiciones de uso y que no puedan ser dañadas, o desplazadas como resultado de una tormenta, tempestad etc.

(2) La radiactividad del dispositivo deberá ser tal que la suma total de todos los radionucleidos excluyendo aquellos que son productos de degradación de otros materiales presentes, no sea mayor de un milicurie y que en conjunto el número de microcuries de cada uno de los productos de degradación de los radionucleidos presentes, no sea mayor, en ningún momento, del número de microcuries que pudieran producirse por descomposición de la fuente de origen.

(3) Se colocará, tan cerca como sea posible del dispositivo y en forma visible un letrero permanente de material resistente a la intemperie, con caracteres de tamaño adecuado, impresos en forma indeleble, que diga:

- a) Peligro fuente radiactiva.
- b) Nombre y dirección del fabricante e instalador responsable.

(4) Los dispositivos deberán montarse de modo que se cumpla lo siguiente:

- a) Que no estén sujetos a peligro de daño físico.
- b) Que no estén al alcance inmediato de personas no autorizadas.
- c) Que los soportes o astas en que se instalen estén fijados de modo que no puedan caer o desplazarse, en las condiciones más desfavorables de uso.

207 Las estructuras en las cuales pequeñas chispas producidas por inducción presenten un considerable elemento de peligro, tales como aquellas que contienen atmósfera explosiva de vapores o gases inflamables, depósitos de algodón, elevadores de granos, almacenes de pólvora, etc., generalmente necesitan una protección mucho mayor que la normal. Tales estructuras pueden ser protegidas por mástiles conductores altos, puestos a tierra en su parte inferior o por alambres aéreos puestos a tierra. Los experimentos han demostrado que tales mástiles ofrecen protección a un volumen en forma de cono, cuya altura es la del mástil y con una base en la tierra de un radio igual a dos veces la altura del mismo. Igualmente, si se utiliza un sistema de alambres suspendidos sobre la estructura y puestos a tierra, se protegerá un volumen en forma de cobertizo con la altura del alambre y con una base en tierra cuyo perímetro está determinado por los puntos que se encuentran a una distancia del doble de la altura del alambre puesto a tierra, desde la proyección en tierra del alambre.

208 En el caso de estructuras que se van a levantar, el problema de la protección contra el rayo debe tenerse en cuenta en la etapa de proyecto, debido a que, muchas veces, las medidas necesarias pueden considerarse en la arquitectura del inmueble, sin menoscabo de su apariencia; esto es particularmente verdadero en el caso de inmuebles de carácter monumental, que son diseñados para que duren durante mucho tiempo y en los que es demasiado frecuente encontrar que los posibles efectos del rayo han sido despreciados hasta que la construcción se ha terminado. Además de las consideraciones de orden estético, es en general menos costoso instalar la protección contra el rayo durante la construcción, que después que se ha terminado.

ASPECTOS QUE DEBEN CONSIDERARSE CUANDO SE PROYECTA LA PROTECCION

210 Cuando se diseña e instala un sistema de protección contra el rayo a base de puntas pararrayos, se tendrán en cuenta los aspectos siguientes:

211 Se examinarán las estructuras y todos los puntos o las partes más expuestas a la caída del rayo se tomarán en cuenta, con el fin de montar allí las puntas pararrayos para la recepción de las descargas. El objetivo es interceptar la descarga inmediatamente encima de las partes expuestas a la descarga y dar un paso directo a tierra, mejor que intentar desviar la descarga en una dirección que probablemente no sería tomada. Las puntas pararrayos se colocarán lo bastante altas sobre la estructura para evitar el peligro de incendio producido por el arco.

212 Los conductores se instalarán de manera que ofrezcan la menor impedancia al paso de la corriente de descarga entre las puntas pararrayos y la tierra.

El recorrido más directo es el mejor, y no habrá curvas agudas, ni curvas cerradas, en el camino a tierra, para que el rayo no salte a través de ellas. La impedancia a tierra prácticamente es inversamente proporcional al número de vías muy separadas, así que cada punta pararrayos tendrá por lo menos dos vías a tierra y más, si es posible hacerlo. El número de caminos aumenta y la impedancia se disminuye, conectando los conductores de modo que formen una jaula que encierre el inmueble.

213 Cuando una descarga a tierra está próxima a suceder, los alrededores de la superficie de la tierra tienen carga eléctrica en un radio de varios kilómetros. Cuando la descarga del rayo se produce, esta carga superficial se mueve radialmente hacia el extremo en tierra del camino en el aire, formando una corriente eléctrica en la tierra. En el punto donde la descarga entra en la tierra, la densidad de corriente llega a ser grande, y si su paso se hace a través de los muros de fundación del inmueble, pueden resultar daños. Por esta razón, las conexiones a tierra deberán estar distribuidas más o menos simétricamente, preferiblemente siguiendo la periferia de la estructura, en lugar de estar agrupadas en un solo lado. Con las conexiones a tierra debidamente distribuidas, la corriente será recolectada en los extremos exteriores y se hará mínima bajo el inmueble; en todos los casos, se hará por lo menos dos conexiones a tierra en los extremos opuestos del inmueble.

214 Si se instala un sistema de conductor de protección contra el rayo sobre un inmueble, dentro o sobre el cual hay objetos metálicos de considerable tamaño y a corta distancia del conductor de protección, a 60 ó 90 cm por ejemplo, habrá tendencia a saltar chispas o arcos del conductor hacia el metal. Para impedir daños, se deben instalar conductores de interconexión en todos los sitios en que haya posibilidad de que se produzcan arcos.

215 Como se espera que un sistema de conductores de protección contra el rayo permanezca en condiciones de funcionamiento por largos períodos de

tiempo, con poco mantenimiento, la construcción mecánica debe ser fuerte y los materiales utilizados deberán ofrecer resistencia a la corrosión.

216 La economía de la instalación puede ser conseguida reduciendo la variedad de equipo a un mínimo, evitando el empleo de puntas pararrayos ornamentales poco comunes y dispositivos similares y aprovechando las ventajas que ofrezcan las características de construcción del inmueble, tanto como sea posible.

FACTORES QUE GOBIERNAN LA DECISION DE SI PROTEGE O NO

220 En casos específicos, para determinar hasta donde debe preverse protección contra los rayos o si no es necesaria del todo, es preciso tomar en cuenta un número de factores. Se llamará aquí la atención sobre la existencia de estos factores y su importancia, sin aventurar una decisión general sobre cuando deba estipularse o preverse protección contra rayos.

Los factores mencionados son los siguientes:

221 Frecuencia e intensidad de las tronadas. Las tormentas eléctricas ocurren con una frecuencia que varía de un extremo a otro del país, desde un mínimo en regiones donde los rayos son poco frecuentes, hasta un máximo en regiones donde el número de tormentas al año tiene un valor medio mayor de 90.

Por otra parte, la severidad de las tormentas eléctricas, independientemente de la frecuencia con que éstas ocurren, es mucho mayor en unos lugares que en otros. Por lo tanto, la necesidad de la protección varía a través del país, aunque no necesariamente en proporción directa a la frecuencia de las tronadas. Unas pocas tormentas eléctricas intensas por temporada, pueden hacer más necesaria la protección que un número relativamente grande de tormentas de ligera intensidad.

222 Valor y naturaleza del inmueble y de su contenido. El valor y la naturaleza del inmueble y de su contenido, son evidentemente factores vitales para decidir si el costo de la protección se justifica. Los inmuebles a veces tienen un valor por razones históricas, o sentimentales, que no es posible definir, pero que justifica un gasto desproporcionado en protección.

La naturaleza de la estructura tendrá también una gran influencia sobre la magnitud de la protección considerada, esto es, si es de madera, acero con techo metálico o de otra clase. El contenido del inmueble debe también considerarse si es o no reemplazable, si es explosivo, si es combustible, o incombustible. Los vapores inflamables o polvos explosivos pueden presentar peligro en un inmueble que sea por otra parte immune al rayo. El almacenamiento de algunos productos como heno o algodón pueden hacer que las medidas de protección sean especialmente deseables.

223 Peligros a personas. El peligro del rayo hacia el ser humano en un inmueble, no debe ser descuidado. Las pérdidas de vida y los desastres producidos por rayos dentro de inmuebles de construcción moderna, son relativamente raros, considerando la protección que ofrece la estructura metálica, las tuberías y alambrado en el exterior de paredes. Sin embargo, hay muchos inmuebles existentes de construcción menos segura, en los cuales la descarga de un rayo constituye un grave peligro para sus ocupantes. Más aún, en inmuebles de cualquier tipo, excepto los construidos con metal o de estructura metálica, la descarga de un rayo puede producir considerables molestias, aunque no lesiones, si es que no causa realmente daños. De ahí que la protección contra el rayo pueda considerarse deseable para eliminar los posibles peligros a las personas, aún en los casos en que por razones económicas no se justifique.

224 Exposición relativa a los rayos. La exposición relativa a los rayos, de un inmueble en particular, será un elemento para determinar si el costo de la protección se justifica. En pueblos y en ciudades con edificaciones cercanas entre sí, el peligro no es tan grande como en un campo abierto. En este último caso, los graneros de las haciendas en un área grande, son en muchos casos, el blanco más prominente para los rayos. En regiones de colinas o montañosas, un inmueble sobre un terreno alto está normalmente más expuesto que uno situado en un valle o en otro lugar protegido.

225 Pérdidas indirectas. Además de las pérdidas directas debidas a la destrucción de los inmuebles por el rayo, el incendio que resulte de él la muerte de ganado, etc., pueden hacer pérdidas indirectas que algunas veces acompañan la destrucción de los inmuebles y su contenido. Una interrupción de los negocios o de las actividades agrícolas, especialmente en ciertas épocas del año, puede implicar pérdidas de otra índole, que se suman a las pérdidas originadas por la destrucción de la propiedad. También hay casos en que toda la comunidad depende, en alguna forma en cuanto a seguridad y comodidad, de la integridad de una estructura única, como puede serlo la chimenea de ladrillo de una planta que bombea agua. Una descarga de un rayo en una chimenea de una planta de este tipo, puede tener graves consecuencias por falta de agua potable, agua para riego o para protección contra incendios.

226 Como una guía cuantitativa para determinar la necesidad de prever un sistema de protección contra rayos, se dan Tablas 1 a 7 (1) que encierran numéricamente los factores antes descritos. La suma de estos factores determina el índice de riesgo (r).

$$Ir = A+B+C+D+E+F+G$$

(Véase en las tablas, en las páginas siguientes, el significado de las letras indicadas en la fórmula).

Este índice de riesgo se recomienda sea interpretado en la forma siguiente:

0 - 30: Sistema de protección opcional;

31 - 60: Se recomienda una protección;

Más de 60: La protección es indispensable.

De todas maneras, es necesario tener en cuenta que este índice es sólo una indicación guía y que en la decisión se deben tomar en cuenta cuidadosamente todos los factores antes mencionados o adicionales en cada caso específico.

(1) Valores tomados de British Standard Code of Practice CP 326: 1965 The Protection of Structures Against Lightning.

TABLA 1 - Indice de riesgo "A" uso de la estructura.

USO AL QUE SE DESTINA LA ESTRUCTURA	VALOR DEL INDICE A
Casas y otras construcciones de tamaño similar	2
Casas y otras construcciones de tamaño similar con antenas exteriores	4
Industrias, talleres y laboratorios	6
Edificios de oficinas, hoteles, edificios de apartamentos	7
Lugares de reunión, como iglesias, auditorios, teatros, museos, salas de exposición, tiendas, por departamentos, oficinas de correos, estaciones, aeropuertos y estadios .	8
Escuelas, hospitales, guarderías infantiles y ancianatos.	10

TABLA 2 - Indice de riesgo "B" - Tipo de construcción.

<u>TIPO DE CONSTRUCCION</u>	<u>VALOR DEL INDICE B</u>
Estructura de acero con techo no metálico *	1
Concreto reforzado con techo no metálico	2
Ladrillo, concreto liso o albañilería, con techo no metálico de material incombustible.	4
Estructura de acero o concreto armado con techo metálico	5
Estructura de madera o con revestimiento de madera con techo no metálico de material incombustible	7
Ladrillo, concreto liso, albañilería, estructura de madera, con techo metálico.	8
Cualquier construcción con techo de material combustible.	10

* Se excluyen de estas tablas, las estructuras metálicas techadas, y recubiertas con metal, que cumplan con los requisitos de 3110, que son continuas a tierra, ya que éstas solo requieren como protección que su puesta a tierra sea adecuada.

TABLA 3 - Indice de riesgo "C" - Contenido e importancia por efectos secundarios. **

<u>CONTENIDO O TIPO DEL INMUEBLE</u>	<u>VALOR DEL INDICE C</u>
Inmuebles residenciales oficinas, industrias y talleres con contenido de poco valor, no vulnerable al fuego	2
Construcciones industriales o agrícolas que contienen material vulnerable al fuego	5
Plantas y subestaciones eléctricas y de gas, centrales telefónicas y estaciones de radio y televisión	6
Plantas industriales importantes, monumentos antiguos y edificios históricos, museos, galerías de arte y construcciones que contengan objetos de especial valor.	8
Escuelas, hospitales, guarderías y lugares de reunión.	10

(**) Deben entenderse por "efectos secundarios" aquellos que si bien en si, no son daños directos, pueden ocasionar graves perjuicios a la vida o propiedad, tales como el pánico en un hospital o la interrupción en ciertos servicios públicos.

TABLA 4- Indice de riesgo "D" - Grado de aislamiento

<u>GRADO DE AISLAMIENTO</u>	<u>VALOR DEL INDICE D</u>
Inmuebles localizados en un área de inmuebles o árboles de la misma altura, es decir, en una gran ciudad o bosque	2
Inmuebles localizados en un área con pocos inmuebles de la misma altura	5
Inmueble completamente aislado que excede al menos dos veces la altura de las estructuras o árboles vecinos.	10

TABLA 5 - Indice de riesgo "E" - Tipo de región.

<u>TIPO DE TERRENO</u>	<u>VALOR DEL INDICE E</u>
Llanura a cualquier altura sobre el nivel del mar	2
Zona de colinas	6
Zona montañosa entre 300 y 1.000 metros	8
Zona montañosa por encima de 1.000 metros	10

TABLA 6- Indice de riesgo "F" - Altura de la estructura.

<u>ALTURA DE LA ESTRUCTURA (*)</u>	<u>VALOR DEL INDICE F</u>
hasta 9 m	2
de 9 m a 15 m	4
de 15 m a 24 m	5
de 24 m a 30 m	8
de 30 m a 38 m	11
de 38 m a 46 m	16
de 46 m a 53 m	22
	30

TABLA 7 - Indice de riesgo G.

<u>NUMERO DE DIAS DE TORMENTA POR AÑO</u>	<u>VALOR DEL INDICE G</u>
hasta	3
de 3 a	6
de 6 a	9
de 9 a	12
de 12 a	15
de 15 a	18
de 18 a	21
más de 21	21

SECCION 20, ALCANCE, DEFINICIONES, ETC.

2000 Alcance y propósito

2001 Esta parte del Código se aplica a inmuebles y otros bienes, con excepción de los destinados á la producción, depósito y transporte de líquidos y gases inflamables (comprendidos en la tercera parte), los inmuebles donde se fabrican y almacenan explosivos (para los que pueden ser necesarias precauciones especiales) y las líneas y equipos eléctricos.

2002 El propósito es evitar las pérdidas por incendios y otros daños originados por el rayo, dirigiendo la atención hacia los medios de protección disponible que se estiman efectivos.

2010 Interpretación y excepciones. En los casos en que por dificultades prácticas o por consideraciones especiales, sea muy complicado o costoso cumplir literalmente con los requisitos establecidos en este código, debe asegurarse una protección por otros medios adecuados.

2020 Requisitos obligatorios y recomendaciones. La palabra "será" o "tendrá" y otros imperativos, cuando se usen, indican obligatoriedad; las palabras; "se recomienda", "debería" o "sería", indicarán recomendación; las palabras; "puede", "puede ser", deben interpretarse como indicación de permiso.

2030 Definiciones.

Punta pararrayos: Conjunto de una base y el elemento que constituye el punto de descarga fijado a ella.

Cable: Conductor formado de un número de hilos o alambres trenzados.

Conductor: parte del sistema de protección contra el rayo diseñado para transportar la descarga del rayo entre la punta pararrayos y tierra.

Acero blindado con cobre: acero con gruesa capa exterior de cobre unida a él.

Sujetador: elemento de sujeción que asegure el conductor a la estructura.

Barra de tierra: barra que se hinca en la tierra para servir como terminal de tierra, tal como una barra de acero blindado con cobre, de cobre, de hierro galvanizado.

Terminal de tierra: parte de un sistema de protección contra el rayo, que se extiende dentro de la tierra, tal como una barra de tierra, placa de tierra o el conductor mismo que sirve para poner a tierra el sistema de protección contra el rayo.

Inmueble blindado con metal: Inmueble con las paredes de metal o recubiertas de chapa metálica.

Inmueble con tejado metálico: Inmueble con el tejado de metal o recubierto con chapa metálica.

Descarga lateral: chispa que salta entre objetos metálicos inmediatos al sistema de protección o entre estos objetos y el sistema de protección contra el rayo o entre dichos objetos y tierra.

SECCION 21. PROTECCION CONTRA EL RAYO EN INMUEBLES CORRIENTES

2100 Conductores

2101 Materiales. Los sistemas de protección contra el rayo serán construidos con materiales resistentes a la corrosión o protegidos contra ella. No se utilizará ninguna combinación de materiales que formen pares electrólíticos de tal naturaleza, que la humedad acelere la corrosión; sin embargo, cuando se excluya permanentemente la humedad de la unión de tales metales, puede permitirse su contacto. Se usarán uno o más de los materiales siguientes:

- a) Cobre. Cuando se utilice cobre, éste será del grado corrientemente requerido en trabajo comercial eléctrico, designado generalmente como cobre de 98% de conductividad, si es recocido.
- b) Aleaciones. Cuando se empleen aleaciones de metales, éstas serán sustancialmente tan resistente a la corrosión como el cobre en condiciones similares.
- c) Acero blindado con cobre. Cuando se utilice acero blindado con cobre, la cubierta de cobre estará permanente y efectivamente soldada al núcleo de acero y la proporción de cobre será tal, que la conductancia no será menor del 30% de la del cobre macizo de sección equivalente.

d) Aluminio. Cuando se emplee aluminio, debe tenerse especial cuidado de no utilizarlo en contacto con tierra o en cualquier otro lugar donde pueda deteriorarse rápidamente, y se tomarán precauciones en las conexiones con otros metales. Los conductores serán de aluminio grado eléctrico.

e) Otros metales. Pueden utilizarse de acuerdo con lo especificado en otras partes de este Código.

Nota :Véase el párrafo 2104, sujetadores; párrafo 2102 (i), barras de tierra de hierro galvanizado, etc .-

2102 Forma y calibre.Los párrafos siguientes dan las dimensiones y pesos mínimos de los conductores principales y los ramales: Los conductores usados para unir o interconectar los cuerpos metálicos al cable principal o que no tengan que transportar la corriente principal de descarga del rayo, pueden ser de menor calibre, pero no serán menores del calibre 6 Norven de cobre o equivalente. Los conductores para hacer la conexión a sistemas de agua domésticos, sistemas de vapor, agua caliente, de calefacción, a otras masas metálicas que tengan pequeña resistencia a tierra, serán de calibre completo puesto que en el caso de una descarga directa, la mayor parte de la corriente de descarga podría ir a tierra a través de tal sistema.

a) Cable de cobre. El conductor de cobre no pesará menos de 279 gramos por metro. El calibre de cualquier hilo de un cable no será menor que el calibre 17 NORVEN.

b) Tubo de cobre, cobre de sección sólida y acero blindado con cobre. El tubo de cobre, el cobre de sección sólida y acero blindado con cobre, no pesarán menos de 279 gramos por metro. El espesor de la pared de los tubos será de 0,81 mm, como mínimo. El espesor de cualquier cinta o banda será de 1,30 mm, como mínimo.

c) Aluminio. Cuando los conductores sean cables de aluminio, no pesarán menos de 141,5 gramos por metro de longitud. Los conductores de aluminio para uniones e interconexiones de cuerpos metálicos al cable principal serán, al menos, equivalentes en resistencia mecánica y sección, al calibre 4 NORVEN de conductor de aluminio. Las cintas o bandas conductoras de aluminio para interconectar los cuerpos metálicos al cable principal, sí están libres de perforaciones, no tendrán un espesor menor de 1,60 mm y una anchura no menor de 1,27 cm. Si está perforada la cinta, tendrá una anchura aumentada en el valor del diámetro de las perforaciones. Las cintas o bandas de aluminio para unir tuberías de agua, no serán menores de 1,90 mm de espesor y con una anchura no menor de 3,80 cm.

d) Los conectores de aluminio serán del mismo diseño y dimensiones requeridos para los conectores de cobre estampados y no tendrán un espesor menor de 1,90 mm.

e) Las puntas pararrayos de aluminio tubular tendrán un diámetro exterior de 1,60 mm como mínimo, el espesor de sus paredes no será inferior a 1,27

mm y serán de las mismas longitudes requeridas para las puntas de cobre.

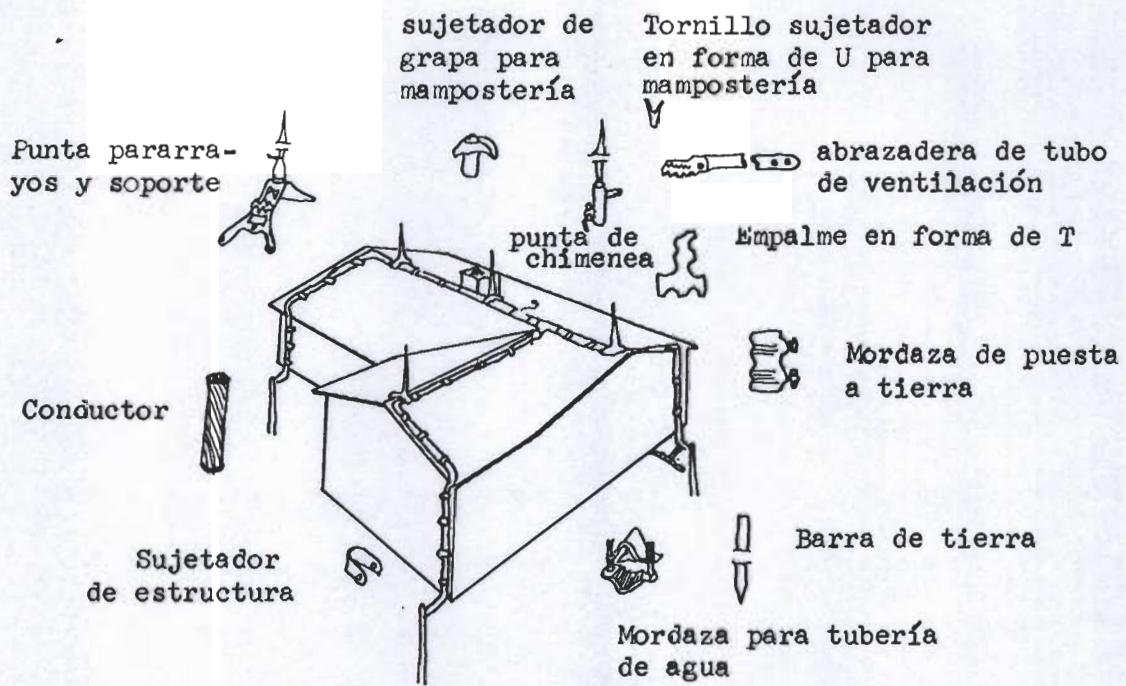
f) Los soportes de aluminio (para puntas pararrayos y varillas de extensión) cuando sean estampados, no serán menores de 1,90 mm en espesor y serán del mismo diseño y dimensiones requeridos para los de cobre.

g) Las piezas de aluminio fundido (sujetadores, grapas, conectores, accesorios, etc), serán del mismo diseño y de las mismas dimensiones que los requeridos para los accesorios de aleaciones de cobre y de adecuada resistencia mecánica y conductividad.

h) En los sistemas de protección contra el rayo a base de aluminio, no se utilizarán accesorios de cobre, acero blindado con cobre, ni aleaciones de cobre. Los accesorios de aluminio y sus aleaciones son los únicos tipos permitidos, excepto para conexiones a tierra, como se estipula en el párrafo siguiente.

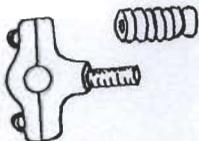
i) Se pueden utilizar barras de tierra y grapas de hierro galvanizadas, de tamaño adecuado y protegidas apropiadamente contra la corrosión. Se pueden usar barras de tierra y conexiones de cobre, o con recubrimiento de cobre si los conectores que unen los bajantes de aluminio al equipo de puesta a tierra de cobre, o con recubrimiento de cobre, son de tipos especialmente diseñados para hacer conexión entre los dos metales diferentes. La unión del conductor bajante de aluminio al equipo de tierra se hará en un punto a 30 cm o más, sobre el nivel del suelo.

2103 Empalmes. El número de empalmes entre conductores deberá ser el mínimo posible y donde sean necesarios, estarán bien hechos, tendrán resistencia mecánica y conductividad eléctrica adecuada. La conductividad eléctrica se asegurará por medio de un área de contacto igual o mayor que el doble de la sección normal del conductor.

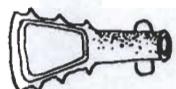


Instalación típica en un inmueble de techo de dos aguas.

Sujetador de dos tornillos para mampostería



Sujetador para hincar en mampostería



Sujetador de grapa para mampostería



Sujetador de anillo para mampostería



Sujetador en U de tornillo para mampostería

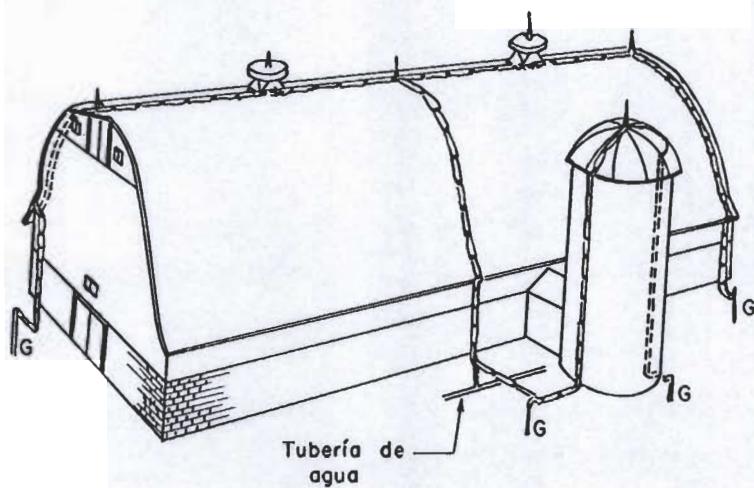
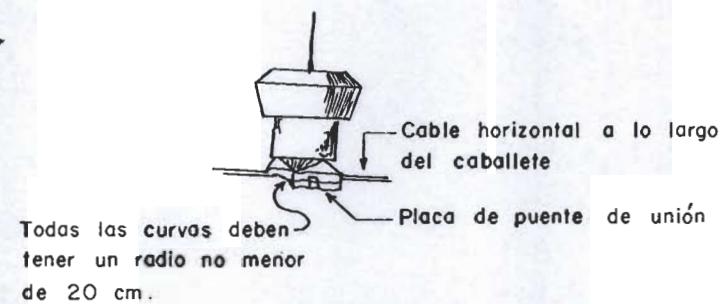


Sujetador de estructura

Sujetador de dos clavos



SUJETADORES TIPICOS



INSTALACION TIPICA PARA DEPOSITOS DE GRANOS Y SILOS

2104 Sujetadores. Los conductores se fijarán firmemente al inmueble u otros objetos sobre los que se instalen. Los sujetadores serán de construcción sólida, resistentes a la rotura; y los clavos, tornillos u otros medios con que se fijen, serán del mismo material del conductor, o de tal naturaleza, que no haya seria tendencia a la corrosión electrolítica en presencia de humedad, a causa del contacto entre las diferentes partes. Los sujetadores estarán separados de forma que soporten adecuadamente al conductor.

2110 Puntas pararrayos. Diseño y soporte.

2111 Fijación de las puntas. Las puntas serán de construcción fuerte y formarán parte de la base o caballote, o se fijarán a ella por medio de uniones roscadas y otros accesorios adecuados. La sección conductora de la base será equivalente, por lo menos, a la sección conductora de la punta.

2112 Tamaño. Las puntas pararrayos serán equivalentes, por lo menos, en peso y rigidez, a un tubo de cobre que tenga un diámetro exterior igual a 1,6 cm y una pared de un espesor de 0,80 mm.

2113 Forma. Las puntas pararrayos pueden ser de cualquier forma, ya sean de sección completa o tubular.

2114 Altura. La altura de las puntas pararrayos será tal que la extremidad no estará a menos de 25 cm por encima del objeto que se proteja.

NOTA: En superficies planas puede ser deseable una altura mayor de 25 cm. En la mayor parte de los casos, la altura apropiada para una punta pararrayos dependerá de las características del objeto a proteger. La altura adecuada depende también, en parte, del contorno del objeto a proteger: un campanario por ejemplo, no requiere una punta pararrayos tan alta como la de un silo cuyo techo, aunque puntiagudo, es de menor pendiente.

2115 Soportes. Las puntas pararrayos estarán firmemente aseguradas, ya sea en la unión con el objeto a proteger o por medio de refuerzos que estarán fijados al inmueble en forma rígida y permanente.

2116 Cuando las puntas pararrayos se vayan a fijar a chimeneas caseras, se pueden asegurar por medio de sujetadores de expansión con tornillos o por medio de sujetadores de expansión con tornillos o por medio de bandas que circundan la chimenea. En mampostería u obra de ladrillo, los orificios se harán con herramientas adecuadas y preferiblemente en el ladrillo o piedra y no en las uniones de mortero. En elementos de madera se emplearán tornillos especiales para madera o sujetadores de cinta. En todo caso, la fijación se hará de acuerdo con las circunstancias, con una sólida construcción, para evitar que sean derribadas por la acción del viento.

2120 Medidas para evitar el deterioro.

2121 Donde sea necesario se tomarán precauciones para evitar cualquier propensión hacia el deterioro ocasionado por las condiciones ambientales.

2122 Corrosión

- a) Cuando cualquier parte de cobre del sistema de protección esté a la acción directa de gases de chimenea y otros gases corrosivos, tendrá una capa de plomo continuo aplicada en caliente. Esta capa se extenderá por lo menos hasta 60 cm más abajo del tope de la chimenea. Otros metales se protegerán adecuadamente por medios apropiados.
- b) La piezas de aluminio, incluyendo los sujetadores y los anclajes, estarán protegidos del contacto directo con el concreto o mortero, donde quiera que el concreto o el mortero estén húmedos o mojados, o puedan estarlo intermittentemente.

2123 Daño mecánico. Cuando cualquier parte del sistema de protección esté expuesta a daño mecánico, estará protegida con una moldura o tubo, preferiblemente de madera o de otro material no conductor. Si se utiliza tubo metálico alrededor del conductor, el conductor estará eléctricamente conectado al tubo metálico en ambos extremos (véase 2139 (a)).

2124 Uso de ornamentos. Las puntas pararrayos no soportarán veletas, ni ornamentos, que presenten a la acción del viento un área mayor de 125 cm².

2130 Ubicación de las puntas pararrayos y conductores.

2131 Las puntas pararrayos se ubicarán en todas las partes estructurales que tengan probabilidad de recibir y ser dañadas, por una descarga de rayo.

2132 Salientes no metálicos. En el caso de salientes no metálicos, tales como torres, chimeneas y ductos de ventilación, las puntas pararrayos se colocarán sobre el objeto que se trata de proteger o se fijarán a él cuando sea factible. De no ser así, se colocarán como máximo a 60 cm del objeto.

2133 Caballetes, pretiles y contornos de tejados planos. A lo largo de caballetes, pretiles y contornos de tejados planos, se colocarán las puntas pararrayos separadas entre sí, no más de 7,50 m, cuando sean de 60 cm de altura o mayores.

NOTA: Para puntas pararrayos de menos de 60 cm de altura, se recomienda una separación menor.

2134 Salientes metálicos y partes del inmueble. Los salientes metálicos y partes del inmueble tales como ductos de ventilación, chimeneas y otros objetos que estén expuestos a recibir descargas que no produzcan daño apreciable, no necesitan estar provistos de puntas pararrayos, pero se conectarán firmemente al conductor del sistema con metal del mismo peso por unidad de longitud que el conductor principal.

NOTA 1. Las partes de la estructura con mayor probabilidad de recibir un rayo, son las que sobresalen de las partes circundantes, tales como chime-

neas, ductos de ventilación, mástiles de banderas, tanques de agua, cúspides, cúpulas, torres, barandillas, salas de máquinas, remates triangulares claraboyas, vigas maestras, caballetes y pretiles.

NOTA 2. Los bordes del tejado son las partes que tienen más probabilidad de ser alcanzados en los inmuebles de tejado plano. En los tejados planos grandes, de pendiente poco pronunciada, es conveniente erigir puntas pararrayos adicionales, de forma que no haya más de 15 metros de distancia entre ellas. Se necesitan conductores adicionales para proveer por lo menos dos conexiones a tierra para tales puntas pararrayos.

NOTA 3. En partes de algunos inmuebles, sobre el acero estructural, se han puesto capas relativamente delgadas de ladrillo, piedra, baldosas o materiales similares. Para evitar daños a causa de descargas, estas construcciones deben estar protegidas con conductores que estén instalados a lo largo de las esquinas y vértices expuestos, y que se conecten con el acero estructural o con el sistema de protección contra los rayos, (véase 2195).

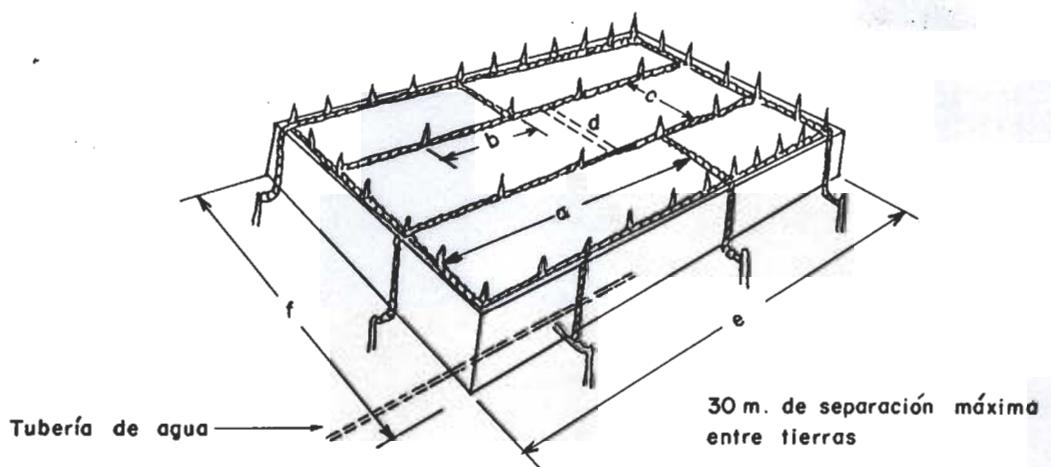
2135 Recorrido de los conductores. Los conductores, en general, deberán colocarse sobre los tejados y bajarán por las esquinas y lados de los inmuebles, de tal manera que se forme, tanto como las condiciones del caso lo permitan, una malla que encierre el inmueble. Los conductores en los tejados se colocarán a lo largo de los contornos tales como caballetes, pretiles y bordes de tejados planos y en superficies planas, donde sea necesario para unir cada punta pararrayos con todo el resto.

En los tejados los conductores que rodeen terrazas, superficies planas y tejados planos, deben estar conectados formando un anillo cerrado.

2136 Bajantes. Los bajantes se colocarán sobre las partes más exteriores del inmueble, tales como las esquinas, teniendo en cuenta los mejores lugares para hacer las conexiones a tierra y para la ubicación de las puntas pararrayos.

2137 Obstáculos. Los conductores horizontales se colocarán rodeando las chimeneas, ductos de ventilación y obstáculos similares, en un plano horizontal y sin curvas de radio muy pequeño.

2138 Curvas. Ningún conductor que rodee una parte del inmueble, tal como un alero, tendrá una curva de radio menor de 20 cm. El ángulo de cualquier cambio de dirección no será mayor de 90° y el conductor, en todas partes, conservará la dirección horizontal o de bajada.



- a) 7,5m de máxima separación de puntas pararrayos en los bordes del tejado
- b) 15 m máximo
- c) 15 m máximo
- d) Interconexión conveniente aunque no exigida
- e) 75 m
- f) 45 m

INSTALACIÓN TÍPICA EN UN INMUEBLE DE TEJADO PLANO

2139 Protección mecánica.

a) Los bajantes ubicados en pistas de aterrizaje, vías de tránsito de vehículos, patios de juegos de escuelas, corrales para el ganado, paseos públicos y similares, estarán protegidos para evitarles daños materiales o su desplazamiento.

NOTA: Serán aceptables las protecciones de madera o de metal colocadas sobre el conductor y fijadas firmemente. No se recomienda instalar un conductor de cobre o de aluminio dentro de una tubería de hierro o de acero.

b) Si el conductor va dentro de la tubería de metal, se conectará a la tubería al principio y al final de ésta.

c) Las protecciones requeridas ofrecerán una completa protección al bajante hasta una altura no menor de 1,80 metros sobre el nivel del suelo.

d) Los bajantes que entran en un suelo ácido (contaminado por abono o estiércol, etc), se instalarán dentro de un manguito de plomo o equivalente que se extenderá no menos de 1 metro por encima y por debajo del nivel del suelo.

2140 Inmuebles con tejado metálico e inmuebles recubiertos con metal.

NOTA: Los inmuebles con laterales metálicos, pero sin un sistema normalizado de protección contra el rayo, o tejados metálicos que cumplan con lo exigido en 2142, no se considerarán protegidos contra el rayo, aunque tales laterales metálicos estén interconectados y puestos a tierra.

Los inmuebles con tejado metálico o con tejado metálico y recubrimiento de metal, están inherentemente protegidos en grado variable, dependiendo del tipo de construcción. El equipo requerido para la protección de inmuebles con tejado metálico y recubrimiento de metal, cumplirán con los requisitos 2101 a 2139, inclusive.

2141 Metal discontinuo. En los inmuebles techados, o techados y recubiertos con metal en forma de secciones aisladas unas de otras, o instaladas de modo que no estén en contacto eléctrico, no se usará tal metal en lugar de los conductores de protección contra el rayo.

2142 Metal continuo. Cuando los inmuebles estén techados, o techados y recubiertos con láminas metálicas hechas eléctricamente continuas mediante un entramado u otro contacto aceptable por las autoridades encargadas de hacer cumplir este Código, o mediante su interconexión eléctrica, se pueden hacer las modificaciones siguientes a los requisitos 2111 a 2175 inclusive.

a) Se proveerán puntas pararrayos solamente, sobre chimeneas, ductos de

ventilación, remates triangulares y otros salientes, que tengan probabilidad de recibir descargas de rayos y ser dañados por ellas. Los salientes, que tengan probabilidad de recibir la descarga, pero de no sufrir daños, no necesitan tener puntas pararrayos, pero estarán conectadas firmemente al tejado.

- b) Se pueden omitir conductores en los tejados, si se utilizan puntas pararrayos conectadas al tejado con pernos firmemente asegurados, que tengan un área de contacto no menor de $18,5 \text{ cm}^2$. Si el techo metálico está hecho de pequeñas secciones, las conexiones se harán al menos en cuatro de ellas.
- c) Los bajantes se conectarán a los bordes de los tejados a las partes más bajas de los bordes del metal, con uniones a base de pernos, con área de contacto no menor de $18,5 \text{ cm}^2$. Si el metal está formado por pequeñas secciones, la conexión se hará al menos en cuatro de ellas.
- d) El tejado de metal tendrá espesor adecuado (véase 3110), para impedir que se agujere por haberse quemado el metal, en caso de una descarga directa del rayo que pudiera producir un incendio e inflamar los materiales que estuviesen depositados debajo.

2143 Tejado metálico eléctricamente discontinuo con metal lateral. El metal lateral estará conectado al tejado en cada esquina; los bajantes se conectarán en la parte más baja del metal lateral, como se ha especificado anteriormente y se hará en cada caso, una conexión entre el tejado y el lateral directamente sobre cada bajante, el cual estará conectado a tierra, según se especifica en 2170.

2150 Número de bajantes.

2151 Los bajantes estarán tan separados como sea factible, preferiblemente en las esquinas opuestas diagonalmente de las estructuras cuadradas o rectangulares, o diametralmente opuestos en las estructuras cilíndricas.

NOTA: La ubicación de los bajantes, dependen de la ubicación de las puntas pararrayos; tamaño de la estructura, recorrido más directo, seguridad contra movimientos, ubicación de cuerpos metálicos (que requerirían su unión a ellos), ubicación de tuberías de agua y áreas donde las condiciones de la tierra son más favorables.

2152 Cualquier clase de estructura debe tener, por lo menos, dos bajantes y sus puestas a tierra apropiadas, (incluyendo agujas, campanarios y torres) excepto donde se permite un solo bajante de acuerdo con 2155. Las estructuras que tengan un perímetro mayor de 75 metros, tendrán un bajante adicional por cada 30 metros o fracción de perímetro.

NOTA: El perímetro de una estructura se mide al nivel del suelo y excluye cobertizos, porches y otros pequeños salientes que no necesiten protección. Las estructuras de forma irregular pueden necesitar más bajantes para ofrecer dos caminos a tierra, desde las puntas de pararrayos, sobre los caballetes principales o sobre las salas que no son más altas que el caballlete principal.

2153 El número total de bajantes en estructuras planas, o con tejados ligeramente pendientes, y sobre estructuras de forma irregular será tal, que la distancia media entre los bajantes no sea mayor de 30 metros.

2154 Inmuebles con tejado metálico e inmuebles recubiertos con metal. El número de bajantes y puestas a tierra para inmuebles con techo metálico e inmuebles recubiertos con metal, será determinado de la misma forma que para los inmuebles hechos con materiales no conductores, conforme a las disposiciones de 2151-2153, excepto en los casos donde 2142 permite la omisión parcial de bajantes.

2155 Puntas muertas. Se instalarán bajantes adicionales donde sea necesario evitar "puntas muertas", o conductores ramales de longitud mayor de 4,80 metros, que terminen en puntas pararrayos, excepto en el caso de bajantes de mástiles de banderas o de agujas o estructuras similares que sean anexos del inmueble, los cuales no serán considerados como "puntas muertas", sino que serán tratados como puntas pararrayos.

NOTA 1. Las puntas muertas aparecen cuando una punta pararrayos está colocada en la punta de una viga o en situaciones similares y, en interés de la economía, se conecta solamente al conductor más inmediato que usualmente está en el caballlete más próximo. Una descarga sobre dichas puntas debe seguir por un solo conductor, hasta alcanzar el conductor del caballlete donde el camino se divide. La disposición anterior permite 4,80 metros de longitud para este conductor simple. Cuando las longitudes sean mayores, el conductor debe prolongarse desde la punta pararrayos hasta tierra.

NOTA 2. Es aconsejable la instalación de bajantes adicionales en varios lugares a lo largo de tendidos de conductores en tejados, cuando éstos descienden hacia lugares bajos entre partes del inmueble, como puede ser el caso para una estructura en forma de H, donde las alas son más altas que el cuerpo central.

2160 Interconexión de masas metálicas.

2161 Las masas metálicas en torno de inmuebles, las cuales son parte permanente de la estructura o están permanentemente instaladas dentro o en torno a ella, se harán formar parte del sistema de protección contra el rayo por interconexión con dicho sistema, como se describe más detalladamente en 2162 a 2167. Se exceptúan de ésto las masas comparativamente pequeñas.

NOTA: El objeto de la interconexión es impedir el daño producido por los arcos que ocurren, especialmente en el caso de objetos metálicos contiguos bastante voluminosos. El principio fundamental que debe seguirse para impedir tales daños, es descubrir en un inmueble los lugares donde es más probable que se produzcan los arcos y proveerles caminos metálicos. En carrioles elevadores de heno, se puede tener esto en cuenta conectando ambos extremos al conductor del sistema de protección.

2162 Cuerpos metálicos exteriores. El metal situado completamente en el exterior del inmueble se conectaría eléctricamente al conductor en su extremo superior o más próximo y si tiene considerable tamaño o longitud, también se conectaría eléctricamente al conductor en su extremo inferior o más alejado.

NOTA 1. Los cuerpos metálicos exteriores incluyen las antenas de radio y televisión, caballetes ornamentales, ductos de ventilación, tejados, vaguadas, canalones, bajantes de agua y estructuras de hierro. La conexión de estos elementos al sistema de protección contra el rayo, no solo sirve para impedir los arcos que causen daños, sino que hace que el sistema sea más aproximado a una malla cerrada.

NOTA 2. Un canalón de metal sin bajante puede estar conectado en un punto solamente. Un bajante de metal se pondrá a tierra en su extremo inferior. Cualquier extensión vertical de metal que llegue hasta tierra, deberá conectarse a tierra en su extremo inferior. Los objetos metálicos que estén completamente sobre el tejado, necesitan ponerse a tierra en un solo punto.

2163 Cuerpos metálicos interiores. El metal situado completamente en el interior de los inmuebles y que en cualquier punto esté dentro de una distancia de 1,80 metros del conductor del sistema de protección contra el rayo o de metal conectado a él, se interconectaría eléctricamente con él y, si es de considerable tamaño y longitud, también se interconectaría en su parte inferior o más distante dentro del inmueble.

NOTA. Los cuerpos metálicos interiores incluyen radiadores, sistemas de tuberías, cables blindados, conductos, maquinaria fija, puntales y otras formas de estructuras metálicas. La experiencia ha demostrado que, en general, no es probable que se produzcan arcos con cuerpos metálicos de considerable tamaño o longitud, si están situados a más de 1,80 metros de un conductor; pero es probable que, con los que estén situados a una distancia menor que ésta, se formen arcos que puedan dañar el inmueble o incendiárselo. Los arcos en estos cuerpos contiguos se eliminan por interconexión.

2164 Cuerpos metálicos que atraviesan tejados. El metal que atraviese tejado se conectaría al conductor más próximo. Si dicho cuerpo metálico se prolonga hasta el suelo o cerca, también se uniría al sistema de protección contra el rayo en su extremo inferior.

NOTA: Los metales que atraviesan los tejados de los inmuebles son generalmente tuberías de agua de lluvia, tuberías para humos y para ventilación.

2165 Interconexión de metal sobre o dentro de inmuebles con tejado metálico e inmuebles recubiertos de metal. Todas las partes de los tejados metálicos o tejados y laterales, se conectarán firmemente entre sí. Todas las partes metálicas interiores, o cuerpos de considerable tamaño o extensión, que sean partes permanentes de una estructura o que estén fijamente instalados dentro del inmueble, si están a una distancia igual o menor de 1,80 metros de los laterales metálicos, tejados o bajantes, se conectarán permanentemente a ellos.

NOTA: La necesidad de la interconexión de los cuerpos de metal en inmuebles de tejados metálicos e inmuebles recubiertos de metal, es debida al hecho de que en el caso de una descarga, el potencial de la cubierta metálica, aunque esté puesta a tierra, cambia lo suficientemente con respecto a los objetos próximos, como para producir arcos, especialmente cuando la distancia es corta.

2166 Utilización de partes metálicas como sustitución de los conductores. Las partes metálicas salientes de los inmuebles no se considerarán como sustitutos para los conductores, excepto cuando sean eléctricamente continuas en forma permanente y tengan una sección de por lo menos el doble de la del conductor del sistema que reemplazan.

NOTA: En algunos casos de estructuras monumentales y otras, donde hay partes metálicas extensas y pesadas, éstas se pueden utilizar en lugar de conductores, para evitar gastos y el sacrificio de la apariencia, no habiendo diferencia si están en el interior o exterior de la estructura, cuando se utilizan como bajantes.

2167 Calibre de los conductores para uniones e interconexiones. Los conductores utilizados para uniones e interconexiones de masas metálicas serán equivalentes en resistencia mecánica y conductividad, por lo menos al calibre 6 NORVEN de conductor de cobre, excepto donde se requiera la misma sección que el conductor principal del sistema, según 2102.

2170 Conexiones a tierra.

2171 Número. Cada bajante tendrá su conexión a tierra. Es preferible hacer la conexión a tuberías metálicas de agua y a otras grandes estructuras metálicas subterráneas.

2172 Durabilidad. Las conexiones a tierra serán hechas, en todos los casos en forma permanente y completa, considerando la clase de tierra circundante.

2173 Tuberías de agua como tierra.

a) Cuando una tubería metálica de agua entra en un inmueble, se conectará a ella por lo menos un bajante, preferiblemente en un punto inmediato fuera de las fundaciones y por medio de una mordaza o abrazadera de construcción sólida.

- b) No se harán conexiones a las tuberías de agua que sean de material plástico o de material no conductor. Si tales tuberías de agua alimentan a tuberías de agua metálicas dentro de la estructura, estas tuberías metálicas serán consideradas como cuerpos metálicos en el interior del inmueble.
- c) Si el inmueble protegido está alimentado por una tubería de agua de material plástico que conduce a un pozo metálico o tubería metálica de agua a 7,50 metros o menos del edificio protegido, el sistema de protección contra el rayo se conectará a dicho pozo o a dicha tubería.
- d) En el caso de sistemas de tubería metálica de agua que estén unidos con una sección intermedia de tubería plástica, las secciones metálicas separadas por el tramo de plástico se conectarán por medio de un puente de unión hecho con conductor de calibre normalizado, según 2102, conectado por medio de accesorios aprobados a la tubería metálica.
- e) Si dentro del inmueble hay tanques de agua (incluyendo cisternas), hechos de material no conductor, se hará una conexión entre la tubería de su ministerio y la tubería de salida, utilizando conductores de sección igual a la del principal y accesorios para puesta a tierra, de tipo aprobado.

2174 Electrodos de puesta a tierra en suelo profundo. Cuando el terreno sea suficientemente profundo, se pueden instalar electrodos artificiales de puesta a tierra hechos de tubería o barras, extendiendo el conductor mismo dentro de la tierra una longitud no menor de 3 metros. Cuando un electrodo de puesta a tierra sea una barra o un tubo, la longitud del electrodo estará permanentemente marcada sobre su parte superior o tope.

2175 Electrodos de puesta a tierra en suelo poco profundo. Cuando el suelo no sea suficientemente profundo para permitir hincar barras o tubos de 3 metros de longitud, o sea de arena, grava o piedra, se instalarán electrodos más extensos, a base de barras, tubos, cintas, placas o longitudes de conductor, enterrados, en zanjas. Cuando la roca esté cerca de la superficie, las conexiones a tierra se pueden hacer cavando zanjas que salen radialmente o su equivalente en forma de cintas o conductores metálicos. Cuando el suelo sea muy seco o no permita cavar más de 30 cm, se enterrará, además de los conductores tendidos radialmente, un conductor similar que circunde la estructura que deba protegerse, el cual se conectará a todos los bajantes.

2176 Zanjas. Las zanjas tendrán bastante longitud para instalar 3,60 metros de conductor en línea recta, pero no necesitan tener una profundidad mayor de 0,90 metros.

NOTA 1. Las conexiones a tierra hechas debidamente son esenciales para el funcionamiento efectivo del sistema de protección contra rayos y se debe hacer todo lo posible para lograr un amplio contacto con la tierra. Esto no significa que necesariamente la resistencia de la conexión a tierra deba ser baja, sino más bien que la distribución de metal en la tierra, o

sobre su superficie, en casos extremos sea tal, que permita la disipación de la descarga del rayo, sin causar daños.

NOTA 2. Naturalmente, es deseable una baja resistencia, pero ello no es esencial, según puede ser demostrado en el caso extremo de un inmueble sobre suelo de arcilla y otro, sobre roca. En el primer caso, si el suelo es resistividad normal, o sea, de 2000 a 5000 ohmios/cm³, la resistencia a tierra de una conexión a tierra hecha extendiendo el conductor 3 metros dentro de la tierra, será de 20 a 50 ohmios y dos tierras como ésta son suficientes para un pequeño edificio de forma rectangular, según lo ha mostrado la experiencia. Cuando las condiciones son tan favorables, resulta sencillo proporcionar medio comparativamente no costosos para recoger y disipar la energía sin peligro.

En el segundo caso sería imposible hacer una toma de tierra en el sentido propio de la palabra, a causa de que la mayor parte de las rocas son aislantes, o al menos de alta resistividad y para obtener una puesta a tierra efectiva, se requieren otros medios más elaborados. El medio más efectivo sería una extensa malla tendida sobre la superficie de la roca rodeando el inmueble, a manera de contrapeso, como en el caso de las antenas de radio, a la cual se unirán los bajantes. La resistencia a tierra en algún punto distante de una tal disposición, sería alta pero, al mismo tiempo, la distribución de potencial alrededor del inmueble sería esencialmente la misma que cuando estuviese sobre un suelo conductor y el efecto protector resultante sería esencialmente el mismo.

NOTA 3. En general, la extensión de la disposición de tierra dependerá de la clase de suelo, y podrá ser desde una simple prolongación del conductor en la tierra donde el suelo sea profundo y de alta conductividad, hasta una elaborada malla donde el suelo sea muy seco o de baja conductividad. Cuando se necesite una malla, ésta se enterrará, si hay suficiente tierra que lo permita, pues eso ayuda a su efectividad. Su extensión será determinada mayormente por el criterio de las personas que proyecten la instalación, considerando los requisitos mínimos de esta necesidad, que está destinada a cubrir los casos corrientes, que probablemente se encuentren en la práctica, teniendo en cuenta, como regla, que cuanto más extensa sea la malla subterránea, más efectiva será la protección. Algunas de las características esenciales de una buena práctica en la puesta a tierra para protección contra rayos, son las siguientes:

- a) Donde sea factible hacerlo, cada conexión a una tierra artificial se prolongará, o tendrá un ramal, que se extenderá por debajo y por lo menos a 60 cm fuera de las fundaciones del inmueble, ya que de otra manera hay peligro de que pueda dañarse la fundación.
- b) Los metales que formen la conexión a tierra harán contacto con tierra en dirección hacia abajo de la superficie, puesto que si el contacto se hace por debajo, pero cerca de la superficie del terreno, puede saltar el arco hacia afuera y quemar el conductor.

c) Durante la descarga de un rayo en un sistema de conductores, los electrodos de puesta a tierra son los puntos a través de los cuales pasan fuertes corrientes desde las puntas pararrayos a la superficie de la tierra alrededor del inmueble; por esta razón se distribuirán de la manera más ventajosa para transportar la corriente. Esto se realiza generalmente colocando los electrodos de puesta a tierra en los extremos exteriores, tales como esquinas y evitando, siempre que sea posible, que la corriente pase por debajo del inmueble.

2180 Acometidas de electricidad y de teléfonos, radio y televisión.

2181 Conductores que entran al inmueble, cualquier otra estructura o área. Los conductores que entran en los inmuebles o cualquier otra estructura o área, cumplirán las disposiciones aplicables del Código Eléctrico Nacional.

Un sistema de protección contra los rayos instalado para dar protección contra daños al inmueble, estructura o área, no da protección contra las posibles descargas de rayos en los conductores de acometida o en el sistema de antenas, de radio o televisión. Se recomienda que los inmuebles, estructura o áreas con un sistema de protección aprobado, tengan dispositivos de protección contra los rayos de tipo aprobado, en los puntos de entrada de la acometida de electricidad y de los conductores de antena.

2182 Si las acometidas de electricidad a teléfonos que utilizan tierras artificiales entran a una estructura protegida, los electrodos de tierra se conectarán con el sistema de protección contra el rayo, para obtener de esta forma una tierra común alrededor de la estructura. La interconexión se hará con conductores que tengan la misma sección que los conductores principales.

NOTA 1. El objeto de esta interconexión es igualar las tierras dentro o alrededor de la estructura, para disminuir la probabilidad del salto de una chispa de un sistema de tierra al otro. Tales interconexiones para obtener una tierra común son permitidas por el Código Eléctrico Nacional.

NOTA 2. Si las acometidas eléctricas y telefónicas están puestas a tierra por medio del sistema de tuberías de agua, la interconexión con la tubería de agua es todo lo que se requiere.

2183 Puesta a tierra común. Todos los medios de puesta a tierra se unirán entre sí. Esto incluirá las tierras de las acometidas eléctricas y telefónicas y otros sistemas de tuberías metálicas subterráneas que entren al inmueble. Tales sistemas incluirán servicio de agua, tuberías de gas, conductos subterráneos, sistemas de tuberías de gas licuado de petróleo, etc.

NOTA 1. La puesta a tierra común es el medio más efectivo reconocido para impedir los arcos que pueden ocasionarse por descargas de rayos.

NOTA 2. Se recomienda tener cuidado de no hacer uniones a sistemas de tuberías que tengan secciones de tubería de plástico, a menos que se hayan co-

locado puentes de unión con conductor de calibre igual al principal.

2184 Mástiles de radio y televisión. Los mástiles de radio y televisión de metal estarán unidos al conductor principal del sistema de protección contra el rayo con un conductor de calibre principal y accesorios de tipo aprobado, cualquiera que sea su ubicación, cerca o sobre el inmueble.

2190 Instalaciones ocultas.

2191 Sistemas totalmente a base de conductores. Los requisitos para sistema a la vista se aplicarán también a los sistemas ocultos. Los conductores seguirán un mismo curso, excepto que pueden estar debajo de los materiales que forman el tejado, debajo del tejado, detrás de las paredes exteriores o entre las columnas de las paredes.

2192 Las tierras pueden ser llevadas al exterior a nivel del terreno o por debajo de él y entonces hacer las conexiones de la manera corriente según las condiciones que presenten la tierra. Las tierras pueden ser colocadas en el sótano, debajo del piso del sótano, pero sobre paredes exteriores solamente.

NOTA: Tales tierras por debajo del sótano deberían evitarse en lugares interiores de la estructura, debido al hecho de que el terreno en tales lugares es generalmente seco.

2193 Los puntos de conexión y conductores de chimenea pueden ser embutidos dentro de la mampostería de la chimenea o pueden fijarse al exterior de la misma, y seguirán a través del tejado a un conductor principal interior.

2194 Se emplearán accesorios de tipo aprobado y vierte-aguas para hacer todas las conexiones al atravesar techos y paredes.

NOTA: En las instalaciones ocultas se debe tener especial cuidado de asegurar una tierra común a todas las partes metálicas, tales como instalaciones eléctricas, tuberías de agua, ductos o tuberías de hornos, tuberías de gas, tuberías de aguas negras, listones metálicos y chapas de metal para aislamiento, etc.

2195 Sistemas de acero estructural. La estructura de acero de un inmueble puede ser utilizada como conductor principal de un sistema de protección contra el rayo, siempre que sea eléctricamente continua o se haga eléctricamente continua mediante puentes de unión en las secciones no continuas eléctricamente. La continuidad eléctrica puede ser medida por comparación de la resistencia a tierra medida al nivel de tierra, en la parte más alta de la estructura y en otras elevaciones de la misma. Las cabillas eléctricamente continuas también pueden ser consideradas como una estructura de acero.

2196 Las puntas pararrayos pueden ser individualmente unidas a la estructura a través del tejado o parapetos o pueden estar unidas entre sí con un

conductor exterior que estará unido a la estructura por lo menos en tantos lugares como hay puestas a tierra para la estructura.

2197 Se instalará una puesta a tierra aproximadamente para una de cada dos columnas de acero del perímetro y en ningún caso las tierras estarán separadas entre sí a una distancia media mayor de 18 metros.

2198 Todas las conexiones a la estructura de acero de puntas pararrayos, conductores de interconexión y conductor para conexión a las tomas de tierra, se harán con placas de conexión que tengan una superficie de contacto no menor de 52 cm^2 . Estas placas se unirán por medio de pernos, abrazaderas o mordazas a una sección limpia del acero o se soldarán a ella.

2199 Si los suelos son secos como en el caso de arena, grava o roca, se instalará un conductor de tierra (de compensación de tierra) que se interconectará con cada uno de los terminales de tierra instalados.

SECCION 22 - ESTRUCTURAS DIVERSAS

2200 Agujas, campanarios y torres de iglesias, mástiles y astas de banderas.

2201 Generalidades. Los materiales, equipo y conexiones a tierra exigidos por las disposiciones de esta Sección para la protección de agujas, campanarios y torres de iglesias, mástiles y astas de bandera, cumplirán con los requisitos de la Sección 21.

2202 Puntas pararrayos. Para los mástiles, agujas y astas de bandera, se puede utilizar una punta pararrayos que se extienda a una distancia de no menos de 25 cm por encima de la parte más alta de la estructura. Las agujas, campanarios y torres, se utilizan generalmente sobre las iglesias y pueden estar formadas por una torre cuadrada o rectangular sobre la que se levanta una aguja de base ancha, terminada en una punta. Tal estructura, en general tendrá dos conductores de bajada en caras opuestas de la torre.

2203 Bajantes. Cuando la estructura esté aislada, los bajantes se prolongarán directamente hasta la conexión de tierra. Si la estructura es adyacente a un inmueble y está cerca o tocando su perímetro, los bajantes se prolongarán directamente a la conexión de tierra y también se conectarán al sistema de protección contra el rayo del inmueble. Si la estructura está dentro del perímetro, los bajantes se conectarán al conductor más cercano del tejado.

2204 Interconexión de metales. Las campanas, relojes, acero estructural y otras masas metálicas se conectarán a los bajantes. Si la longitud del cuerpo metálico es mayor de la mitad de la altura de la estructura, se harán conexiones en los dos extremos, superior e inferior. En caso contrario, se hará en el extremo más cercano del bajante.

2205 Puesta a tierra de las agujas, mástiles y astas de banderas metálicas. Las agujas metálicas y astas de banderas hechas completamente o cubiertas completamente de metal y apoyándose sobre fundaciones de materiales no conductores, con la parte superior o tope construída para recibir la descarga del rayo sin daño apreciable, no necesitan estar provistas de punta para pararrayos o bajantes, pero se pondrá a tierra directamente o se conectarán al conductor del sistema de pararrayos más cercano según, 2203.

NOTA: En las puntas o agujas que tengan una altura mayor de 25 metros, se recomienda el empleo de conductores y soportes más fuertes que en los inmuebles de tipo corriente, con objeto de resistir las condiciones extraordinarias que se encuentran en estructuras altas.

2210 Torres de agua, silos y estructuras similares.

2211 Generalidades. Los materiales, equipos y conexiones a tierra exigidas por las disposiciones de esta Sección para la protección de torres de agua, silos y estructuras similares, cumplirán con los requisitos de la Sección 21.

NOTA: En estructuras que tengan una altura mayor de 25 metros, se recomienda el uso de conductores y soportes más fuertes que en los inmuebles de tipo corriente, con objeto de resistir las condiciones extraordinarias que se encuentran en las estructuras altas, especialmente en relación a los efectos de temperatura y carga a que pueden conducir las contracciones y expansiones.

2212 Puntas pararrayos. El número y ubicación de las puntas pararrayos cumplirán con los requisitos de los párrafos 2131 al 2138 inclusive, excepto que en silos y otras torres que tengan los techos terminados en una punta, se puede considerar suficiente una sola punta pararrayos.

2213 Conductores. Cuando se usa más de una punta pararrayos, las puntas se unirán entre sí por un conductor que forme un anillo cerrado alrededor de la estructura, cerca del tope, o pase sobre ella como lo requiera, el contorno del tejado. De este anillo o de la punta pararrayos sí hay uno solo, se tenderán directamente hacia las conexiones de tierra en lados opuestos, por lo menos dos bajantes, si la estructura está separada. Si es un aditamento del inmueble, cerca o en contacto con su perímetro, un bajante se prolongará directamente a la conexión de tierra, mientras que los otros pueden conectarse al sistema de protección contra el rayo del inmueble. Si está dentro del perímetro, ambos bajantes pueden conectarse al sistema de conductores de protección contra el rayo del inmueble.

2214 Interconexión de metales. Todos los cuerpos metálicos de considerable tamaño o extensión, tanto exteriores como interiores, se conectarán a los bajantes. Si su longitud es igual a la altura de la estructura, se conectarán a los bajantes en ambos extremos. De lo contrario, la conexión se puede hacer en el punto más próximo.

NOTA: Los objetos metálicos colocados alrededor de la torres que sean comparables en longitud con la altura de la estructura, son generalmente escaleras, guías de ascensores y tuberías de desagüe desde el tejado.

2215 Puesta a tierra de torres y tanques metálicos de agua. Las torres y tanques construidos completamente de metal o cubiertos completamente de metal y que se apoyan en fundaciones de materiales no conductores y con la parte más alta construida para recibir la descarga del rayo sin daño apreciable, estarán puestas a tierra por medio de dos tomas de tierra en lados opuestos de la estructura.

2220 Elevadores de granos, molinos de harina y alimentos.

2221 Las disposiciones de la Sección 21, excepto en lo que están modificadas por 2222 y 2223, se aplican a los elevadores de granos, molinos de harina y de alimentos y cubren la protección de la estructura del inmueble contra daño del rayo. Para proteger contra los peligros de una posible ignición del polvo combustible o mezclas de polvo con el aire rigen otras Normas de la NFPA para las medidas protectoras que son aplicables, mientras no existan Normas NORVEN al respecto.

2222 Todas las partes metálicas extensas, tales como ductos, transmisiones por cadena, ductos para polvo, etc., si son de considerable tamaño o longitud, se unirán al sistema de protección contra el rayo, en sus extremos superior e inferior. Las tolvas o banderas metálicas en contacto directo con la tierra se interconectarán al sistema de protección contra el rayo con conductores de calibre igual al de los conductores principales.

NOTA: En elevadores con estructura de madera, es importante dejar una longitud de conductor adicional al nivel del alero y en cada toma de tierra, por debajo del nivel del terreno, para permitir el asentamiento y el levantamiento de la estructura cuando se carga o se descarga el grano. Véase también 2223.

2223 Los inmuebles adyacentes de 6 o más metros de altura y que se extiendan más allá del elevador 9 m o más, estarán equipados con protección normal contra rayos. Si los inmuebles no están separados más de 1,80 metros, se hará una interconexión con el sistema de elevador o molino de harina.

NOTA: Los inmuebles pequeños en la base de los elevadores, tales como aquellos comúnmente utilizadas para oficinas, no necesitan estar equipados con protección contra el rayo.

SECCION 23 - INMUEBLES QUE CONTIENEN MATERIALES INFAMABLES

EMBALADOS

2301 Se ha averiguado que las descargas de rayos que ocurren en la inmediata vecindad de algodón u otras materias fibrosas de naturaleza inflamables embaladas con ataduras de metal, pueden causar descargas secundarias entre las ataduras, de suficiente intensidad para producir la ignición. Para evitar incendios de este tipo se necesita un mayor grado de pantallado que el que ofrece el sistema corriente de conductores del rayo.

SECCION 24 - CHIMENEAS

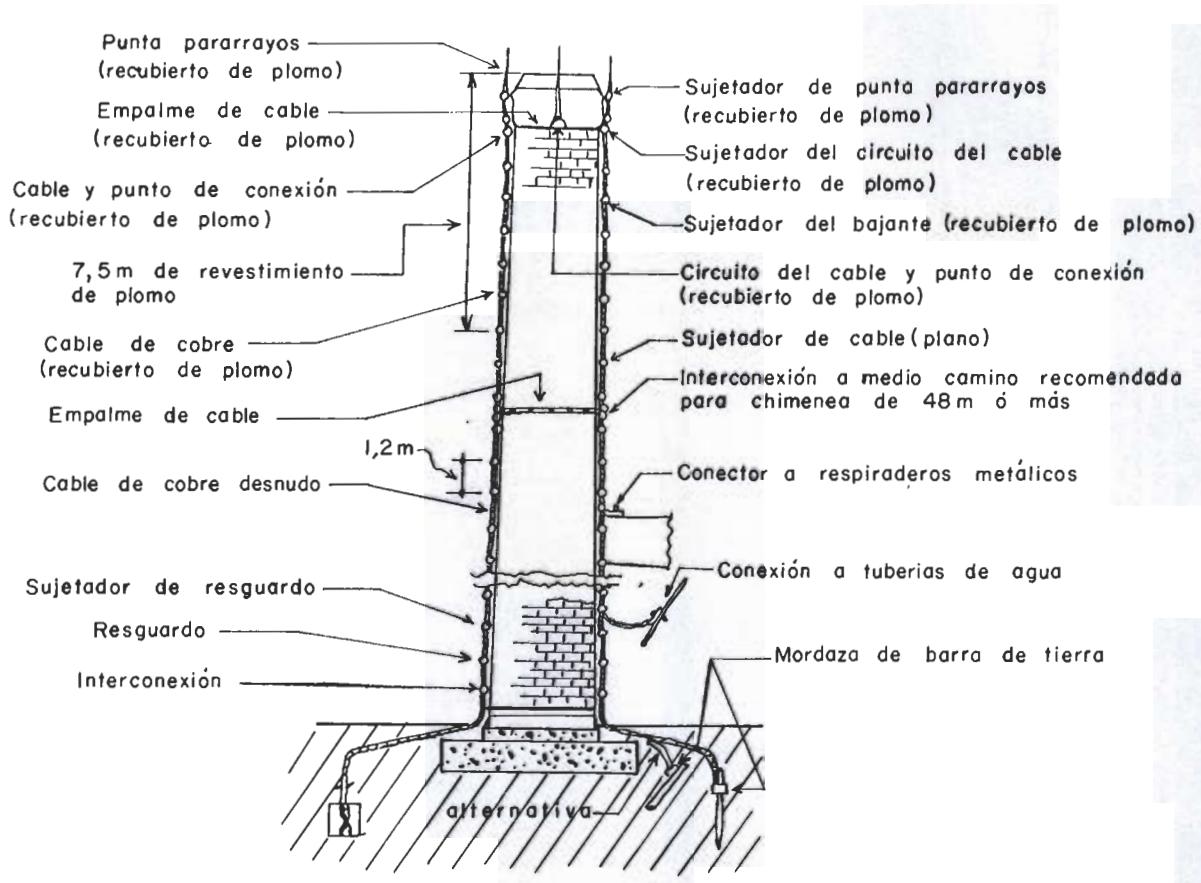
2400 Chimeneas de metal

2401 Las chimeneas de metal no necesitan otra protección contra el rayo que la proporcionada por su construcción, excepto que deberán estar puestas a tierra. Si la construcción de la fundación no provee amplio contacto eléctrico con tierra, se instalarán tierras similares a las exigidas para las chimeneas hechas de materiales no metálicos, como se estipula en 2417 y 2170.

2402 Los cables y retenidas de metal se pondrán a tierra en los extremos inferiores.

NOTA: Los cables y retenidas de metal unidos a barras de anclaje de acero instaladas en tierra pueden ser considerados como suficientemente puesto a tierra. Solamente necesitan atención los instalados en concreto o fijados a edificios o soportes no conductores.

PARARRAYOS



INSTALACION TIPICA DE CHIMENEA DE SERVICIO PESADO

2410 Chimeneas de ladrillo, bloques, concreto. Cuando las chimeneas son de ladrillo, bloques, concreto u otros materiales que pueden sufrir daños por el rayo, deberán protegerse de acuerdo con las disposiciones siguientes:

2411 Conductores

- a) Los conductores serán de cobre del grado requerido para trabajo comercial eléctrico, generalmente designado como teniendo 98% de conductividad cuando son recocidos.
- b) El peso del conductor no será menor 0,558 Kg/metro.
- c) El calibre de cualquier alambre del cable no será menor del calibre 15.
- d) El espesor de cualquier pared de tubo no será menor de 1,45 mm.
- e) El espesor de cualquier cinta o banda no será menor de 2 mm.

2412 Sujetadores

- a) Los sujetadores serán de cobre o de aleaciones de cobre prácticamente tan resistentes a la corrosión como el conductor mismo y serán de fabricación fuerte. Cada sujetador tendrá suficiente agarre para soportar su correspondiente longitud del conductor.
- b) Los sujetadores estarán colocados lo bastante cercanos para dar un soporte seguro al conductor, a no más de 1,20 metros para conductores verticales y 0,60 metros para conductores horizontales.

2413 Puntas pararrayos.

- a) Las puntas pararrayos serán construidas sólidamente de la misma clase de material que el conductor o pueden fabricarse de acero inoxidable metal monel u otro metal igualmente resistente a la corrosión. Estarán distribuidas uniformemente en el borde de la chimenea y a distancia no mayores de 2,40 metros.
- b) La altura de las puntas pararrayos sobre el borde no será menor de 45 cm, ni mayor de 75 cm.
- c) Las puntas pararrayos estarán fijadas al tope de la chimenea por medio de pernos de expansión o sujetadores de espiga, de construcción sólida. Las puntas pararrayos estarán eléctricamente interconectadas mediante un conductor que forme un anillo cerrado cerca del tope de la chimenea. Si existe una corona de metal, las puntas pararrayos se conectarán a ella.

2414 Bajantes.

a) Se instalarán por lo menos dos bajantes en los lados opuestos de la chimenea que unirán el anillo o corona del tope con la tierra. Ambos conductores estarán interconectados en la base, a menos que cada uno de ellos esté unido a una tubería de agua o un canal de llegada a la chimenea también interconectados.

b) En las chimeneas de más de 48 metros de altura los bajantes pueden conectarse aproximadamente en la mitad entre el tope y la base.

2415 Revestimiento de plomo. Para evitar la corrosión producida por los gases en las puntas pararrayos de cobre, los conductores y los sujetadores se recubrirán con una capa continua de plomo de un espesor mínimo de 1,60 mm desde el tope de la chimenea hasta una distancia de 7,50 metros del mismo.

2416 Empalmes. Los conductores tendrán el menor número posible de empalmes mostrará, por pruebas de laboratorio, que presentan una resistencia a los esfuerzos de por lo menos la mitad de la del conductor.

2417 Conexiones a tierra. Las conexiones a tierra se harán de la forma prevista para inmuebles (véase 2170). Si hay tubería de agua en la proximidad, se hará una conexión a ella, mediante una mordaza de construcción sólida.

2418 Protección contra daño mecánico. Los bajantes cerca del suelo se protegerán contra daño mecánico por medio de molduras de madera o de otro material no magnético o si se emplea tubo para protegerlos, éste se unirá eléctricamente a los conductores en su parte superior e inferior.

2419 Escaleras y revestimientos metálicos. Cuando las chimeneas tienen escaleras o revestimientos metálicos, éstos se conectarán al sistema de protección contra el rayo, en los extremos superior e inferior.

2420 Chimeneas de concreto reforzado.

2421 Metal de refuerzo. Las chimeneas que son parcial o totalmente de concreto reforzado, cumplirán con los requisitos de 2411 a 2419 y además el metal de refuerzo estará eléctricamente conectado entre sí y se conectará a los bajantes en su parte superior e inferior.

NOTA: En las chimeneas existentes, donde el refuerzo puede no ser eléctricamente continuo, se recomienda que se hagan conexiones adicionales en los puntos donde las barras de refuerzo sean accesibles.

2422 Conexiones. Las conexiones entre el hierro o acero y cobre, dentro de una distancia de 7,50 metros del tope de la chimenea, se protegerán contra la corrosión recubriendolas con plomo o embutiéndolas en el concreto.

2430 Ductos que desprenden polvos, vapores o gases explosivos.

2431 Las puntas pararrayos sobre ductos terminados en corona o capucha y emiten polvos, vapores o gases explosivos, se prolongarán por lo menos 1,50 metros más arriba de la abertura.

2432 Cuando de chimenea abierta se expelen, bajo tiro forzado, polvos vapores o gases explosivos, las puntas pararrayos se prolongarán 4,50 metros o más, por encima de la abertura del ducto.

SECCION 25 - AERONAVES Y HANGARES

2500 Requisitos generales.

2501 Al evitar los peligros de las descargas de los rayos en el caso de aeronaves y de sus hangares, se necesita una vigilancia extraordinaria para:

- 1) Garantizar las separaciones apropiadas entre los conductores que transportan el rayo y los tanques de gasolina, ductos y recipientes de mezclas inflamables, así como para disminuir o aminorar el peligro de ignición debido a los arcos o a la corriente directa del rayo.
- 2) Garantizar que los pisos dentro de los hangares, muebles y rampas de carga bajo las aeronaves, estén meticulosamente libres de gasolina y otros líquidos inflamables.
- 3) Asegurar que la construcción del hangar, inherentemente ofrezca protección contra el rayo o que un adecuado sistema de protección contra el rayo haya sido instalado en el hangar. Véase la publicación N°409 de la NFPA "Normas para hangares de aviación".

2502 Las aeronaves en tierra cuando cargan combustible o en ciertas operaciones de mantenimiento, deben estar puestas a tierra para evitar las chispas de las cargas estáticas que se pueden acumular sobre estos vehículos con rueda de caucho.

Referencias:

Normas para el abastecimiento de combustible de las aeronaves en tierra, NFPA Nro. 407.

Y las varias recomendaciones de la NFPA acerca de las "Prácticas de Seguridad en el Mantenimiento de las Aeronaves", Serie Nro. 410.

Los métodos de puesta a tierra, necesarios para el control de la electricidad estática, no son necesariamente adecuados para ofrecer una protección efectiva contra el rayo para las aeronaves, en el caso de una descarga directa. Las operaciones de carga de combustible y otras operaciones de man-

tenimiento que implican el uso de líquidos inflamables o el desprendimiento de vapores inflamables, se suspenderá durante las tronadas.

* La palabra aeronave incluye aeroplanos, helicópteros, dirigibles y otras naves aéreas aerostáticas.

** Aquellos conductores destinados a transportar la mayor parte de la corriente con probabilidad de hacerlo.

NOTA: Datos de servicio indican que muchas aeronaves construidas completamente de metal, han recibido descargas directas de rayos y han quedado aptas para completar vuelos. Sin embargo, se han reportado casos en que el rayo causa el incendio y caída del avión y otros donde el radar, la radio y otros equipos eléctricos necesarios para volar fueron gravemente dañados. Se están recogiendo datos sobre rayos en grandes aeronaves para estudiarlos a fin de reducir más los peligros del rayo. Las medidas correctivas tratan de obtener mejores medios para evitar la ignición de cualquier mezcla de aire y combustible presente y de asegurar que los aparatos de navegación de comunicación por radio y el equipo de radar, serán solamente puestos fuera de servicio momentáneamente, pero no permanentemente dañados por el rayo. Tales medidas incluyen mejorar la ubicación de los componentes de manera que haya menos probabilidad de que sirvan de camino al rayo y usar explosores u otros dispositivos para desviar el rayo fuera del equipo, personal y áreas en que haya peligro de ignición o riesgo de fallas de servicio. Estas son en esencia características de diseño, más que medidas correctivas posteriores.

2510 Evitación de daños a los aviones.

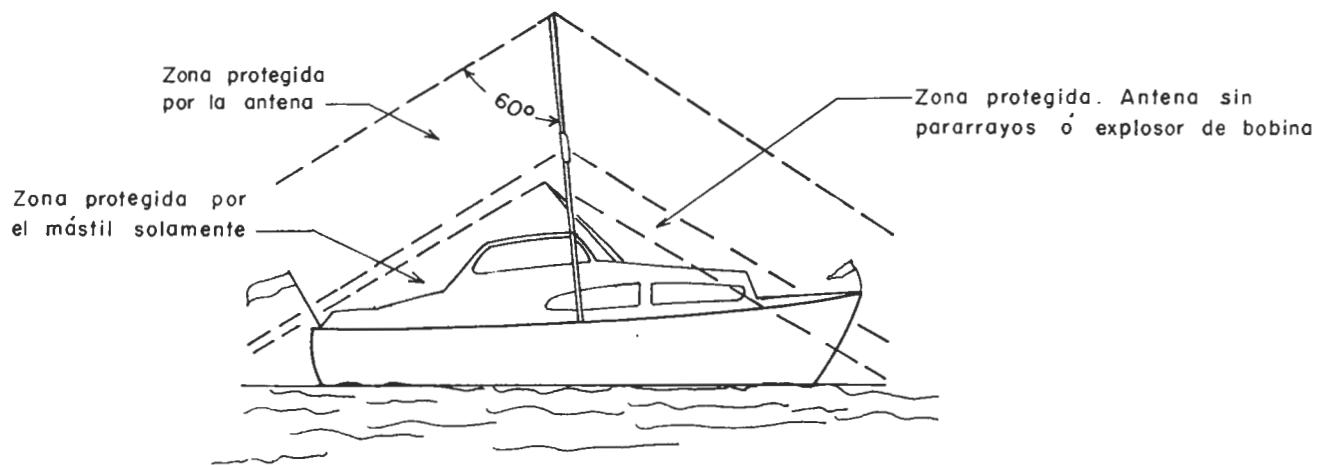
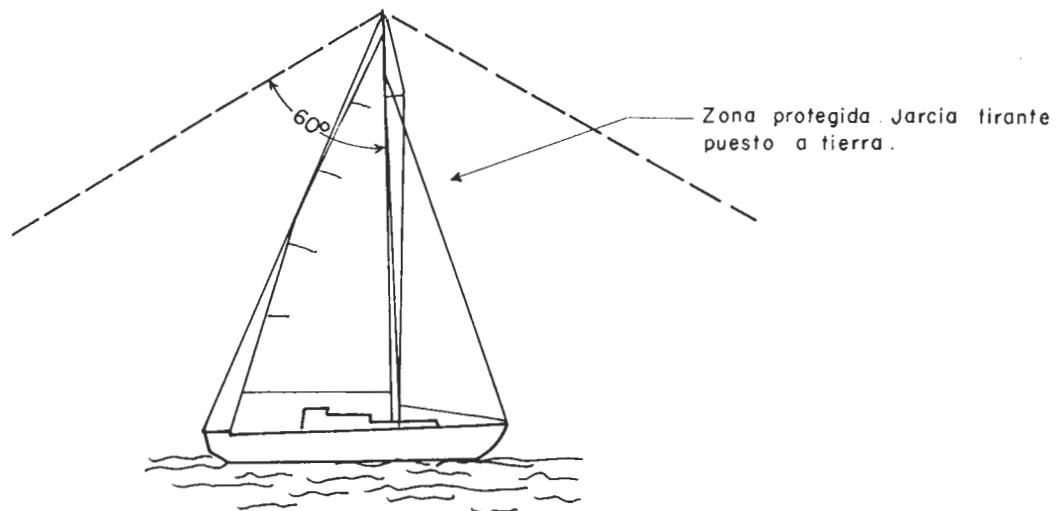
2511 Los aviones pueden protegerse mejor colocándolos dentro de un hangar debidamente protegido contra el rayo.

2512 Los aviones totalmente de metal, cuando están fuera de los hangares, se recomienda que estén adecuadamente puestos a tierra.

2513 La puesta a tierra de los aviones totalmente de metal puede ser hecha por el uso de cadenas o cables metálicos de fijación a tierra, adecuadamente puestos a tierra (art. 2170) en los puntos de fijación.

2514 Los aviones que no son totalmente metálicos (superficies de control de plástico y fuselaje de material no metálico) estacionados fuera de un hangar protegido contra el rayo, pueden ser protegidos conectando la estructura metálica del avión a tierra y mediante un alambre aéreo de tierra, tendido entre dos o tres postes puestos a tierra en la base. Dicho alambre estará más arriba del avión puesto a tierra, a una altura por lo menos dos veces mayor que la parte más alta del avión y preferiblemente con puntas pararrayos que se prolonguen por encima del tope de los postes.

2520 Evitación de daño a dirigibles y globos cautivos.



2521 Los dirigibles cuando están anclados en tierra por mástiles están parcialmente protegidos, si el tope del mástil está bastante elevado por encima de la parte más elevada del dirigible y además el mástil tiene una protección contra el rayo de acuerdo a los requisitos de las chimeneas de metal (Sección 2400).

NOTA: Un globo u otra nave sin motor de tipo aerostático, temporalmente controlado por un cable metálico desde una cabria ubicada en tierra, estará normalmente puesto a tierra a través de la cabria, siempre que ésta tenga una toma de tierra. Se proveerá una tierra para el rayo en la cabria y el cable, siempre que estén expuestos a condiciones de tormentas de rayos, aunque sea temporalmente. Se supone naturalmente, que cuando sea posible se usarán los hangares protegidos contra el rayo, de preferencia a los más tiles puestos a tierra.

2530 Evitación de daño a pequeños aviones, helicópteros y naves de colchón de aire.

2531 Los helicópteros, naves de colchón de aire y otras aeronaves, son principalmente apropiados para navegar con buen tiempo. Se debe evitar hacerlos funcionar bajo condiciones de tormenta, por ser extremadamente peligroso. Tales aparatos se protegerán en tierra como se señala en 2510.

2540 Evitación de daño a los hangares para aeronaves.

2541 Usualmente es suficiente, en el caso de hangares construidos totalmente de acero, proveer una buena tierra como se señala en 2170.

Otras construcciones cubiertas por la publicación de la NFPA No. 409 "Normas acerca de hangares de aviación", cumplirán con las partes apropiadas de la sección 200 de este Código.

SECCION 26 - VELEROS, BOTES DE MOTOR, PEQUEÑOS BOTES Y BARCOS.

2600 Principios generales. El éxito de la protección de personas contra el rayo depende sobre todo de la combinación de diseño adecuado, acción personal y mantenimiento del equipo. El diseño adecuado está cubierto en esta sección y en las siguientes. La acción personal y el mantenimiento del equipo están cubiertas en 2660. En vista de la amplia variación en el diseño estructural de naves, se tomarán en cuenta y usarán en el diseño e instalación de la protección contra el rayo de cualquier nave dada, la guía básica siguiente :

2601 Un conductor puesto a tierra o un mástil que proteja del rayo, generalmente desviarán hacia ellos los rayos que de otra manera caerían dentro del volumen en forma de cono, cuyo vértice es el tope del conductor o mástil protector y cuya base está determinada por un círculo en la superficie del agua cuyo radio es aproximadamente el doble de la altura del conductor.

2602 Para tener un conductor convenientemente puesto a tierra o un mástil protector contra el rayo, el circuito total desde el tope del mástil hasta tierra tendrá una conductividad equivalente a la del calibre 8 de cobre y el camino a tierra seguido por el conductor será esencialmente recto.

NOTA: Para suprimir todos los riesgos de fusión del metal que transporta el rayo, se necesitaría una conductividad equivalente a la del calibre 6 ó 4 de cobre. Sin embargo, el riesgo existente al usar el calibre 8 se considera pequeño en estas aplicaciones y en muchos casos estará reducido por la presencia de tirantes puestos eléctricamente en paralelo. Esto no debe ser interpretado como para admitir el uso de una conductividad más pequeña que la del calibre 8 de cobre.

2603 Si hay objetos metálicos de considerable tamaño a menos 1,80 m del conductor de tierra, habrá una fuerte tendencia a que salten arcos entre el conductor de tierra y en el punto más próximo del objeto. Para impedir el daño producido por los arcos, se proveerá un conductor de interconexión al menos de calibre 8 de cobre, en los lugares donde haya probabilidad de que éstos ocurran. Los objetos metálicos grandes que no formen parte del sistema eléctrico del buque y que no estén puestos a tierra debido a su propio funcionamiento y otros requisitos, pueden ser puestos directamente a tierra a la placa de tierra (véase 2615), siempre que no sea razonablemente posible la interconexión con el conductor del rayo o el uso de puentes de unión.

2604 La protección contra el rayo probablemente recibirá escaso mantenimiento y por eso su composición y montaje serán fuertes y los materiales usados serán altamente resistentes a la corrosión.

2610 Recomendaciones para la instalación.

2611 Mástil protector contra el rayo. Un mástil protector contra el rayo tendrá una altura adecuada (véase 2601) y será mecánicamente fuerte para resistir el uso y la intemperie. Si el mástil es de material no conductor, el sistema contra el rayo o el conductor de tierra será esencialmente recto, estará fijado con seguridad al mástil, se prolongará al menos 15 cm por encima del mástil, estará preferiblemente terminado con una punta de recepción, deberá llevarse lo más directamente posible a la conexión de tierra (véase 2615) y cumplirá con los requisitos del 2613.

2612 Antena de radio. La antena de radio puede servir como un mástil protector contra el rayo, siempre que tenga adecuada conductividad y esté equipada con pararrayos de descarga, explosores de protección contra rayos o medios para ponerla a tierra durante las tormentas eléctricas. La puesta a tierra de antenas de radio del tipo de barra metálica, constituye suficiente protección para los buques de madera sin mástiles y palos, siempre que se reúnan las condiciones siguientes:

- 1) La antena y todos los conductores en el circuito de tierra de la antena tendrán la conductividad equivalente a la del calibre 8 de cobre, de acuerdo con 2613 (1).

2) Una línea trazada desde el tope de la antena hacia abajo y formando un ángulo de 60° con la vertical de la antena, no interceptará parte alguna del buque (2601).

3) Se considera que las antenas con bobinas de carga terminan en el extremo inmediatamente por debajo de la bobina de carga, a menos que dicha bobina esté provista de un explosor adecuado para dejar pasar la corriente del rayo. El uso de este explosor es recomendable.

4) Los mástiles de antenas de material no conductor, con conductores arrollados en espiral, no se considerán adecuados para la protección contra el rayo.

2613 Materiales. Los materiales utilizados para hacer un sistema de protección, deben ser resistentes a la corrosión. Se evitará el uso de combinaciones de metales que formen pares galvánicos que puedan acelerar la corrosión en presencia de la humedad o de su inmersión directa. En los casos en que no sea factible evitar una unión de metales distintos, los efectos de corrosión pueden reducirse por el uso de revestimientos convenientes o conectores especiales, adecuados para estos fines. Solamente se empleará conductor de cobre, excepto los otros metales utilizados que son o forman parte de la estructura del buque. Cuando se utiliza el cobre, será del grado originariamente requerido para trabajo comercial eléctrico, generalmente designado como de 98% de conductividad, cuando está recocido.

1) Conductor de cobre. El conductor de cobre pesará por lo menos 75 gramos por metro lineal. Los conductores no tendrán un diámetro menor que el del calibre 8. El calibre de cualquier hilo de un cable no será menor del calibre 17. El espesor de cualquier cinta o banda de cobre no será menor de 0,8 mm. Cuando se emplean otros materiales, el calibre será tal que la conductividad sea igual o mayor a la del calibre 8 de cable de cobre.

2) Empalmes. Los empalmes serán fuertes mecánicamente y se harán de manera que la resistencia eléctrica de los empalmes no sea mayor que la resistividad eléctrica de 0,60 metros del conductor.

2614 Interconexión de masas metálicas. Las masas metálicas a bordo de buques y que son una parte permanente del mismo o que estén permanentemente instaladas dentro de él o sobre él y cuyas funciones no estarían afectadas por ponerlas a tierra, con excepción de aquella comparativamente de pequeño tamaño, formarán parte del sistema de protección contra rayo, por su interconexión con él (Véanse 2803 y 2614 (2), (3) y (4)).

NOTA 1. El objeto de interconectar las partes metálicas de un buque con el conductor es impedir el daño producido por los arcos, especialmente en el caso de objetos metálicos extensos y que estén cerca del conductor. El principio fundamental que debe observarse para impedir tales daños, es descubrir los lugares donde sea más probable que salten los arcos y proveer en

dichos puntos caminos metálicos para ellos, hasta el conductor principal.

NOTA 2. Para hacer mínima la corriente de descarga del rayo a través de los cojinetes de las máquinas, es preferible conectar los bloques de las máquinas directamente a la placa de tierra, que conectarlos a un punto intermedio del conductor de protección.

1) Cuerpos exteriores de metal. Los cuerpos metálicos situados completamente sobre el exterior de los buques, estarán eléctricamente conectados al conductor de tierra en su parte superior o su extremo más próximo y si son de considerable longitud también se pondrán a tierra o se conectarán el conductor de tierra en su parte más baja o punto más alejado.

NOTA. Los cuerpos metálicos sobre buques incluyen cualquier masa grande como pasamanos horizontales sobre las cabinas, chimeneas de cocinas o más tiles de metal para señales.

2) Cuerpos interiores de metal. Los cuerpos metálicos situados completamente en el interior de los buques en los que un punto cualquiera está a 1,80 metros de distancia o menos del conductor del rayo, se conectarán eléctricamente con él.

NOTA. Los cuerpos metálicos interiores incluyen máquinas, tanques de agua y de gasolina, barras de control para el gobierno del buque. No se intenta que los pequeños objetos como brújula, relojes, cocinas, cajas de medicinas y otras partes metálicas de la dotación deban estar puestos a tierra.

3) Partes metálicas que atraviesan los techos de las cabinas, cubiertas o lados del buque por encima de la arrufadura. Tales partes se conectarán al conductor del rayo más próximo, en el punto donde el metal emerge del buque y se pondrán a tierra en su extremo inferior dentro del buque.

4) Antena de transmisor de radio. Se recomienda que: 1) esté equipada con medios para su puesta a tierra durante las tormentas, o 2) el transmisor y la antena estén protegidos por pararrayos de descarga o explosores de protección contra los rayos.

2615 Conexiones a tierra. Una conexión a tierra para un buque puede estar formada de una superficie de metal cualquiera que esté normalmente sumergida en el agua y que tenga un área de por lo menos 930 cm^2 . Las hélices y las superficies metálicas del timón pueden ser utilizadas para este propósito.

La placa de tierra requerida por las normas de la FCC (EEUU) para los transmisores de radio, se considerará adecuada. Un casco de acero constituye por sí mismo una tierra adecuada.

2616 Buques con casco de metal. Si hay un contacto eléctrico entre el casco de metal y los mástiles metálicos u otras superestructuras metálicas de adecuada altura para cumplir los requisitos de 2601, no hace falta otra protección contra el rayo. Los buques con objetos no puestos a tierra u objetos no

conductores, que se proyecten sobre los mástiles metálicos o superestructuras, deberán tener estos objetos puestos a tierra o protegidos con un conductor puesto a tierra, con el fin de obtener su protección.

2620 Protección de los veleros.

2621 Veleros. Los veleros con aparejo metálico en posición de funcionamiento, estarán protegidos adecuadamente si todo el aparejo está puesto a tierra de forma que el mástil y el aparejo cumplan con los requisitos de 2611 a 2613.

2622 Veleros descubiertos de corto alcance. Los veleros descubiertos estarán protegidos adecuadamente si cualquier jarcia tirante posterior o dispositivo de retención y cualquiera pieza metálica continua sobre el mástil o botavara, están puestos a tierra. Estos elementos deben estar conectados eléctricamente en su extremo inferior delantero y puesto a tierra a una placa de cobre colocada sobre el casco o al timón metálico, al tablero central o a la quilla.

2623 Veleros de crucero. Todos los tirantes y todas las guías de velas estarán puestos a tierra en los veleros de crucero, puesto que se admite que habrá personas próximas, tanto a los tirantes de proa como a los de popa. La puesta a tierra de otros objetos en los veleros de cruceros estará de acuerdo con lo exigido en los párrafos anteriores.

2630 Protección de los buques a motor. Los buques a motor pueden protegerse adecuadamente por una antena de radio puesta a tierra y otro mástil de protección contra el rayo, apropiado y puesto a tierra como se especifica en 2611, 2612 y 2613, siempre que la altura del mástil reúna los requisitos para el cono de protección especificado en 2601. Las interconexiones y la puesta a tierra de las masas metálicas se harán de acuerdo con lo exigido en 2614.

2631 Cuando el tamaño del buque sea tal que el uso de un solo mástil no sea práctico, se recomienda que se instalen mástiles adicionales de protección contra el rayo, para formar conos de protección solapados.

2640 Protección de botes pequeños. Los botes pequeños pueden protegerse por medio de un mástil de protección contra el rayo, de uso temporal que se puede erigir cuando se observen a distancia condiciones de tormenta de rayos. La puesta a tierra se puede hacer mediante un alambre de cobre flexible y una placa de tierra sumergida, de una superficie aproximada de 930 cm².

2650 Protección de barcos. Los barcos casi invariablemente están construidos con mástiles, arboladuras, superestructuras, cascos, chimeneas y jarcías de acero y la red de mástiles de chimeneas y antenas de radio que generalmente proporcionan el cono de protección exigido en 2601. Por esta razón, los barcos y el personal a bordo están normalmente protegidos inherentemente contra los efectos del rayo. En aquellos casos donde no existan los conos

de protección adecuados deben proveerse de acuerdo con 2601, si los cambios son a base del número o altura de los mástiles o de acuerdo a 3120, si el cambio se hace a base de alambres tendidos entre mástiles.

En los casos de barcos de vela de casco de madera, con mástiles de madera, la protección debe hacerse de acuerdo con 2600 y 2620, excepto los conductores de puesta a tierra y de unión que tendrán una conductividad no menor a la del calibre 4 en cobre y la placa de cobre ubicada por debajo de la línea de flotación, que tendrá una superficie no menor de 3,30 metros cuadrados.

2660 Precauciones para el personal y sugerencias para el mantenimiento. Considerando que el propósito básico de la protección contra el rayo es asegurar la vida del personal, es apropiado que se tengan en cuenta, además de todas las recomendaciones aplicables de 103, las precauciones y sugerencias siguientes:

2661 Durante las tormentas, se debe permanecer en el interior de los botes cerrados, hasta donde sea posible, y no se deben colgar los brazos o las piernas en el agua.

2662 Hasta un límite compatible con el manejo seguro y la navegación del bote, durante las tormentas de rayos se deberán hacer contactos con cualquier parte conectada al sistema conductor del rayo y especialmente efectuar uniones entre estas partes. Por ejemplo, no es deseable que un operador esté en contacto con las palancas del cambio de marcha y con la palanca de control de luces, a menos que sea para impedir un choque o un naufragio.

2663 Nadie deberá estar dentro del agua durante una tormenta.

2664 Nadie deberá tener recogida una antena de radio de varilla durante una tormenta de rayos, si dicha antena ha sido diseñada como parte del sistema de protección contra el rayo.

2665 Si un buque ha sufrido una descarga eléctrica, se deberán verificar las brújulas y los equipos eléctricos de gobierno, para determinar que no se hayan producido daños o cambio en su calibración.

2666 Es recomendable verificar todos los cables y uniones a intervalos frecuentes, debido a que todos los componentes del sistema de protección están en una atmósfera corrosiva.

SECCION 27 - ARBOLES

2700 **Métodos y materiales.** Donde sea deseable proteger los árboles contra el rayo, se aplicarán las disposiciones siguientes:

2701 **Conductores.** Los conductores pueden ser de cobre, acero con revestimiento de cobre o aluminio y cumplirán con los requisitos de 2101 y 2104.

2702 **Recorrido de los conductores.** En general se tenderá un solo conductor desde la parte más alta del árbol, a lo largo del tronco, hasta la conexión de tierra. Si el árbol tiene ramas, se extenderán conductores ramales hasta las partes más altas de las ramas principales. Si el árbol es muy grande, se puede instalar dos bajantes colocados en los lados opuestos del tronco e interconectados cerca de la parte más alta.

2703 **Altura.** Los conductores se prolongarán tan cerca como sea posible de la parte más alta del árbol.

2704 **Fijación de los conductores.** Los conductores se fijarán con seguridad al árbol de tal manera que no exista peligro de rotura, por los movimientos debido al viento o por el crecimiento del árbol.

2705 **Conexiones de puesta a tierra.** Las tierras para los conductores sobre los árboles se harán como sigue:

De cada bajante del tronco del árbol se derivarán tres o más conductores radiales en zanjas de 30 cm de profundidad espaciadas a distancias iguales alrededor de la base, siempre que sea factible, y a distancias de 3 a 7,50 metros, dependiendo del tamaño del árbol. El sistema será conectado a un sistema de tubería de agua metálico, donde lo haya.

NOTA: Si las raíces son muy extensas, los conductores radiales pueden prolongarse más de 7,50 metros. Es aconsejable como una medida de protección adicional, la conexión de los extremos exteriores de los conductores radiales entre si, con un conductor que circunde el árbol y colocado a la misma profundidad que los conductores radiales.

SECCION 28 - GANADO EN EL CAMPO

NOTA: La naturaleza de la exposición del ganado en los campos es tal, que no es posible eliminar totalmente el riesgo; sin embargo, la aplicación de estas disposiciones lo reducirá.

Las pérdidas de ganado durante las tormentas de rayos es debida en gran parte a que los rebaños se recogen bajo los árboles aislados en los potreros o se amontonan contra los alambres de las cercas que no están puestas a tierra y reciben suficiente descarga para matarlos.

En los potreros donde se dispone de refugio en zonas boscosas de considerable extensión, los árboles aislados deben ser eliminados o deben proveérseles de una protección adecuada, con conductores (Sección 27).

Las cercas que dan lugar a la mayor parte de daño de esta clase, son aquellas construidas con parales de material poco conductor, tales como madera y concreto. Las cercas construidas con parales metálicos hincados en tierra son seguras contra el rayo, especialmente si se ha roto su continuidad eléctrica. La rotura de la continuidad eléctrica es muy útil, ya que impide que la sobrecarga del rayo pueda alcanzar la longitud total de la cerca, como puede suceder, aunque la cerca esté puesta a tierra, si la descarga es directa y la cerca continua.

2810 Puesta a tierra de las cercas de alambres. Cuando se crea deseable o necesario, disminuir el peligro de las cercas de alambre construidas con parales de materiales no conductores, se aplicarán las medidas siguientes:

2811 Parales de hierro. Se pueden hacer conexiones a tierra hincando a intervalos, postes o parales de hierro galvanizado, como los que se emplean para el cercado de hacienda y poniéndoles en contacto eléctrico con todos los alambres de la cerca. Si la tierra es normalmente seca, los intervalos entre postes no serán mayores de 45 metros. Si la tierra es normalmente húmeda, se pueden colocar a distancias de 90 metros.

2812 Tubo de hierro. Una conexión a tierra menos costosa que la descrita en 2811, puede hacerse con tubo de hierro galvanizado de tamaño 1/2 ó 3/4, enterrado al lado de la cerca y unido a los alambres de hierro galvanizado. La separación será la misma para los postes o parales en 2811.

2813 Profundidad de las tierras. Los tubos o parales se prolongarán por lo menos hasta 0,90 metros por debajo del nivel del suelo.

2820 Rotura de la continuidad de la cerca.

2821 Además de la puesta a tierra de la cerca, su continuidad eléctrica se romperá insertando materiales aislantes en alambres cortados a intervalos de

300 metros aproximadamente. Estas inserciones se pueden hacer en la forma de trozos de madera o de material aislante, en cuyos extremos se fijarán los alambres de la cerca. Los trozos de materiales aislantes pueden estar formados por listones de madera de 5 x 5 x 60 cm o su equivalente en cuanto a propiedades aislantes y a resistencia mecánica.

SECCION 29 - CAMPOS DE ESPARCIMIENTO, DE JUEGO, PARQUES DE
JUEGOS DE PELOTA Y OTROS LUGARES AL AIRE LIBRE

2910 Campos de esparcimiento y campos de juegos. La protección contra el rayo puede obtenerse, en algún grado, en los campos de esparcimiento y de juego, construyendo cobertizos cerrados o abiertos. Los cobertizos deberán estar provistos de la protección contra el rayo normalizada. Los bajantes se protegerán mecánicamente hasta una altura de 2,40 metros en material no conductor resistente al impacto y a condiciones atmosféricas. Los cobertizos con piso de tierra o ladrillo que se proveen en los sistemas de protección contra el rayo, deben tener electrodos de puesta a tierra de cualquier tipo aprobado, conectados a un conductor desnudo, de tipo aprobado para el propósito, enterrado y que de una vuelta completa alrededor del cobertizo o dichos electrodos deben estar provistos de conductores radiales que se extiendan hasta 3 m de ellas por lo menos, en dirección opuesta al cobertizo.

Otro método de protección sería la instalación de postes en los lados opuestos de los campos, cerca de los límites. Entre estos postes se podría tensar alambres a una altura aproximada de seis metros sobre el suelo. Los alambres se conectarán a tierra con bajantes y barras de tierra. Los bajantes se protegerán mecánicamente con material no conductor resistente al impacto y condiciones atmosféricas. Los alambres serán, por lo menos, de calibre 4 de cobre o equivalente. Si se utilizan postes o mástiles de acero, los bajantes no son necesarios, pero el pie del poste o mástil debe estar puesto a tierra. Si el área que hay que proteger es extensa, puede ser deseable el uso de varios pares de postes dispuestos a lo largo de una circunferencia de manera que el área esté cubierta por una red de alambres que se crucen entre si. Se utilizará un número suficiente de alambres para que todo el campo caiga dentro del volumen de protección. (Véanse figuras B y C en la sección 31).

2911 Parques de juego de pelota e hipódromos. Los espectadores tendrán considerable protección si existen tribunas cubiertas. Estas tribunas estarán equipadas con una protección contra el rayo, de acuerdo a esta Norma. A los espectadores fuera de las tribunas se les puede ofrecer alguna protección por medio de alambres aéreos con bajantes y barras de tierra.

2912 Playas. Debido a su gran extensión y situación, las playas son extremadamente difíciles de proteger. Los muelles cubiertos estarán equipados con protección contra el rayo y en otros casos se pueden proveer cobertizos

protectores.

PARTE III

PROTECCION DE ESTRUCTURAS QUE CONTIENEN LIQUIDOS Y GASES INFLAMABLES.

Introducción.

A. Reducción del daño. Ciertos tipos de estructuras utilizadas para el depósito de líquidos y gases inflamables están autoprotegidas contra el daño producido por descargas de rayos. La protección a un grado mayor o menor, puede asegurarse en los otros casos, por la instalación de varios tipos de equipos protectores, tales como barras, mástiles, alambres aéreos de tierra y por otros medios.

En la segunda parte de este Código se dan las recomendaciones para la protección de inmuebles y propiedades diversas, contra daños producidos por el rayo. Debido a la naturaleza de los materiales contenidos en las estructuras consideradas en la parte III, se deben tomar precauciones adicionales. En estas estructuras una pequeña chispa que ordinariamente causaría poco o ningún daño, puede causar la completa destrucción de la estructura, debido a la explosión de su contenido.

B. Principios fundamentales de protección. La protección de estructuras y de su contenido contra el rayo, implica el observar los principios siguientes:

- a) El almacenamiento de gases y líquidos inflamables en estructuras hechas totalmente de metal, esencialmente herméticas a los gases.
- b) El cierre o protección de las aberturas para vapor o gas, contra la entrada de llamas.
- c) El mantenimiento de los recipientes en buen estado, con respecto a peligros potenciales.
- d) Evitar, tanto como sea posible, la acumulación de mezclas inflamables de aire y vapores alrededor de tales estructuras.
- e) Evitar que existan distancias que permitan arcos entre conductores metálicos, en puntos donde pueda haber un escape o acumulación de vapores o gases inflamables.
- f) La ubicación en lugares de menor exposición al rayo de las estructuras que no estén inherentemente protegidas. Los lugares altos deben evitarse.
- g) El establecimiento de zonas de protección, en relación con estructuras que no están inherentemente protegidas, mediante el uso de barras, mástiles o su equivalente, puestos a tierra.

SECCION 30 - ALCANCE, EXCEPCIONES, ETC.

3000 Alcance y propósito. Este código se aplica a la protección contra el rayo o descargas eléctricas de estructuras que contienen líquidos y gases inflamables. Se aplica particularmente a las estructuras que contienen: alcohol benzol, petróleo, productos de petróleo, trementina o aguarrás y otros líquidos que producen mezclas inflamables de aire y vapor a temperaturas atmosféricas.

Este código está principalmente destinado a dar la información fundamental sobre la clase de estructuras más convenientes para la protección de su contenido contra las descargas del rayo o descargas eléctricas, e indicar los medios de protección de dichas estructuras cuando no son autoprotegidas.

Este código concierne solamente la evitación de incendios o explosiones debidas a descargas eléctricas, pero no considera a los medios de extinción de incendios, una vez iniciados.

3010 Interpretación y excepciones. Este código se interpretará liberalmente. Se pueden hacer excepciones a los requisitos literales, si se asegura por otros medios una protección equivalente. No se pretende que este código sea interpretado como una recomendación para proteger el tipo de propiedades a que se refiere, sino que constituye la norma que regirá cuando tal protección sea necesaria o deseable, por razones económicas u otras consideraciones.

3020 Reglas y recomendaciones. Las palabras "será" o "tendrá" y otros imperativos, cuando se usen, indican obligatoriedad; las palabras "se recomiendan", "debería" o "sería", indica recomendación; las palabras: "puede", "puede ser", deben interpretarse como indicación de permiso.

3030 Términos y definiciones. Se aplican específicamente a las estructuras de las construcciones, los materiales y productos contenidos en ellas, a los que se hace referencia en la parte III:

Aberturas para vapor. Estas son aberturas a través de la coraza del tanque o del techo, situadas por encima de la superficie del líquido almacenado. Dichas aberturas pueden ser provistas como respiradero del tanque, para medición o aforo del mismo, para combatir el fuego u otras operaciones.

Protecciones contra la llama para aberturas de vapor. Compuestas de cierre automático, sellos de vapor, válvulas en respiraderos de presión, protectores de incendios y otros medios razonables y efectivos, para disminuir la posibilidad de que la llama entre en el espacio de vapor del tanque. Cuando se emplean dichos dispositivos, el tanque se dice que es a "prueba de llamas".

Jaula. Un sistema de alambres o cables formando esencialmente una malla continua sobre la estructura y techo, incluyendo los conductores necesarios conectados a la estructura y a una tierra adecuada.

Cono de protección. El cono de protección proporcionada por una barra o mástil pararrayos puesto a tierra, es el espacio adyacente a la barra o mástil que es esencialmente inmune a las descargas directas de los rayos. Cuando se utilizan alambres aéreos puestos a tierra, el espacio protegido se llama zona de protección o zona protegida.

Punto de ignición. El punto de ignición es la temperatura mínima a la cual un líquido libera suficiente cantidad de vapor para formar una mezcla de aire y vapor que puede incendiarse bajo condiciones específicas.

Hermético al gas. Son las estructuras construidas de modo que no permitan la salida, ni la entrada, de gas o aire, excepto a través de ductos o tuberías provistos para este objeto.

Distancia de arco. La expresión "distancia de arco", usada en este código, significa cualquier distancia pequeña entre dos conductores eléctricamente separados entre sí o conectados eléctricamente uno a otro, en un lugar distante.

Mezclas inflamables de vapores y aire. Son mezclas en las cuales los vapores inflamables están mezclados con el aire en ciertas proporciones que hacen que la mezcla arda muy rápidamente cuando se incendia. La clasificación por combustión para los productos ordinarios del petróleo, como gasolina, es de 1,50% a 6% de volumen de vapor, en mezcla con el aire.

Vapores inflamables. Son los vapores liberados por un líquido inflamable, que está en su punto de ignición o por encima de él.

SECCION 31 - MEDIDAS DE PROTECCION

3100 Conductores, puntas pararrayos y conectores de tierra. Los conductores para los sistemas de protección serán seleccionados en cuanto a materiales, forma y calibre, de acuerdo con la segunda parte de este código. Los detalles de las puntas pararrayos, bajantes e interconexiones entre masas metálicas y conexiones a tierra, son también dadas en la segunda parte. Las conexiones a tierra y las interconexiones entre masas metálicas, deberán ser tan cortas y directas como sea posible.

3110 Chapa de acero. La experiencia en la industria petrolera ha demostrado que el uso de chapa de acero de un espesor de 4,76 mm para techos de tanques, ha sido adecuado. Las chapas de acero bastante menores de 4,76 mm, pueden ser perforadas por descargas fuertes, y estarán protegidas con pararrayos adecuados.

3120 Barras, mástiles y alambres aéreos puestos a tierra.

a) El cono de protección de una barra o mástil de materiales conductores puestos a tierra, se toma convencionalmente como el espacio comprendido por un cono que tiene el vértice en el punto más alto de la barra o mástil y cuya base tiene un radio relacionado con la altura. Esta relación depende sobre todo de la altura de la nube sobre la tierra, con relación a la altura de la barra o mástil.

Se ha encontrado que el espacio con radio de base H , igual a la altura de la barra o mástil en casos importantes o hasta de dos veces la altura en los casos menos importantes, es sustancialmente inmune a las descargas directas de los rayos. Ninguna parte de la estructura que deba estar protegida estará fuera del cono de protección (Figura A). Si se utiliza más de una barra o mástil, la región protegida entre ellos es algo mayor que el total de las regiones protegidas de todos los mástiles o barras considerados individualmente.

b) Los mástiles separados de la estructuras que debe protegerse, estarán a un mínimo de 1,80 metros de la estructura protegida y la separación se aumentará 10 cm por cada metro que la altura de la estructura sobrepase de 15 metros, para impedir que salten arcos. Los mástiles estarán completamente puestos a tierra y conectados al nivel de la tierra del sistema de tierra de la estructura protegida.

Cuando hay una tubería metálica subterránea de agua, adecuada, que sirve a la estructura, la tubería de agua es corrientemente el electrodo de tierra común de todos los servicios e instalaciones que necesiten puesta a tierra a la estructura. Si no hay tubería de agua o si la tubería de agua no es accesible, los electrodos artificiales separados de los varios servicios e instalaciones se unirán entre sí y a los mástiles. Si tales electrodos separados no son accesibles, la distancia mínima entre el mástil y la estructura será aumentada a 3 metros para una resistencia a tierra del mástil de 10 ohmios o menos. Como una alternativa, se puede usar un conductor enterrado dando la vuelta a la estructura y unido a la tierra del mástil, para evitar mayores separaciones.

c) Se ha encontrado satisfactoria la zona de protección de los alambres aéreos puestos a tierra, que se toma convencionalmente como un prisma triangular o cuña. La mitad de la base de la cuña (H) es igual a la altura del punto más bajo de los alambres aéreos de tierra en los casos importantes y hasta dos veces la altura en los casos de menor importancia. (Figura B). Los mástiles de soporte tendrán una separación de la estructura protegida como señala 3120 (b). Los alambres puestos a tierra serán del calibre indicado en 2100. Los materiales escogidos no se corroerán con las condiciones existentes en el lugar y los requisitos de 2100 serán tenidos en cuenta.

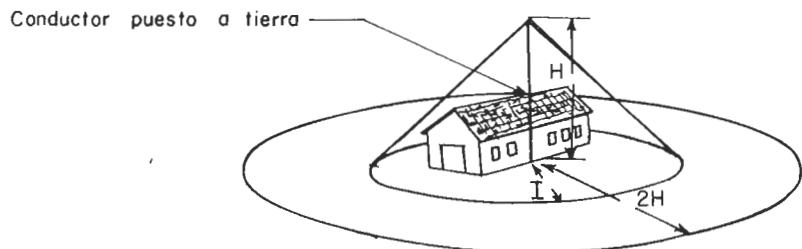
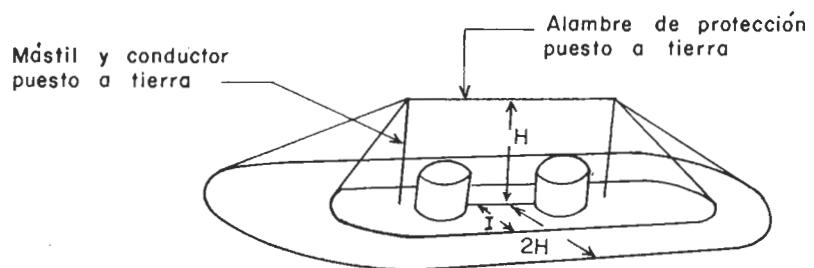


Figura A. — CONO DE PROTECCION PROVISTO POR UN CONDUCTOR VERTICAL PUESTO A TIERRA



H= Altura del alambre

Figura B .— ZONA DE PROTECCION PROPORCIONADA POR UN CONDUCTOR HORIZONTAL AEREO PUESTO A TIERRA

d) La separación mínima entre los alambres aéreos puestos a tierra y el punto saliente más alto de la estructura protegida, será de 1,80 metros. Cuando la distancia desde un punto del alambre de tierra hasta tierra sea mayor de 18 metros, la separación se aumentará 10 cm por cada metro que sobrepase de los 18 metros. Estas dimensiones se aplicarán cuando el sistema de alambres puestos a tierra esté interconectado con: la tierra de protección, de acuerdo con 3120(b). Cuando la interconexión no se haga, se aplicarán las recomendaciones de 3120(b). Las variaciones en el diseño del sistema de alambres puestos a tierra se señalan en el dibujo de planta de la Figura C.

e) Los mástiles, ya sean utilizados separadamente o con el alambre aéreo puesto a tierra, pueden ser de madera. Se dispondrá una punta pararrayos bien asegurada en el tope del poste, que se prolongará por lo menos a 0,60 metros sobre el tope del mismo y estará conectada con los electrodos de tierra. En el caso de un sistema de alambres aéreos puestos a tierra, las retenidas del poste pueden ser utilizadas como bajantes (Figura D). Para los mástiles metálicos, los pararrayos y los bajantes no son necesarios, pero los mástiles estarán puestos a tierra como se ha descrito.

3130 Resistencia a tierra. La resistencia a tierra de los electrodos artificiales, separados por distancias de 3 metros o más, se reduce aproximadamente en proporción al número de barras en paralelos.

La resistencia a tierra de un conductor enterrado directamente varía casi en proporción inverso con la longitud enterrada. Dichos conductores corrientemente se entierran a profundidades que varían entre 30 y 90 cm de la superficie del suelo y son paralelos a ella.

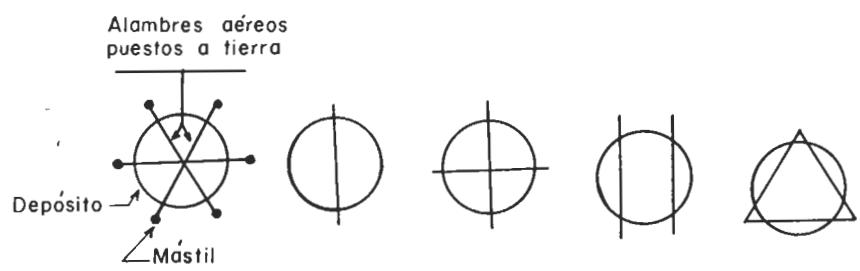


Figura C

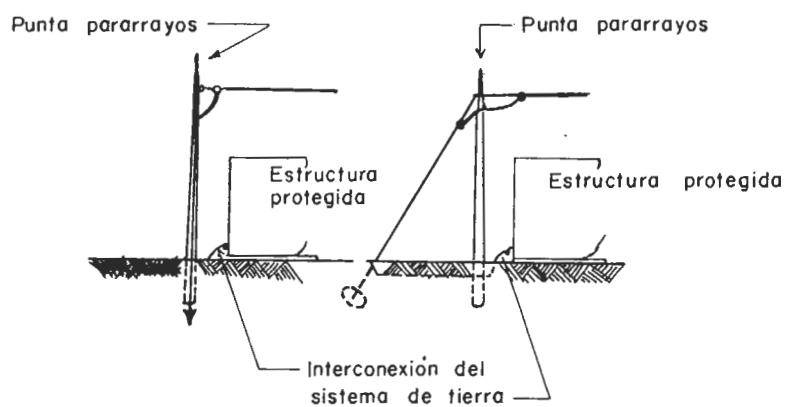


Figura D. — METODOS DE PUESTA A TIERRA PARA ALAMBRES AEREOS
DE PROTECCION CONTRA EL RAYO

3140 Pantallado electrostático. Las tensiones inducidas electrostáticamente en objetos aislados, dentro del campo de una nube de tormenta, pueden causar chispas a tierra, cuando la descarga de un rayo ocurra en algún objeto adyacente. Los objetos aislados dentro de una estructura que esté adecuadamente pantallada, estarán por si mismos pantallados electrostáticamente. Si la estructura no está pantallada o sólo lo está parcialmente, se recomienda que se pongan a tierra los objetos aislados para evitar las chispas de origen electrostático. Para información adicional sobre la puesta a tierra de los objetos internos aislados, véase 2160.

3150 Protección de las aberturas de vapor, contra la llama. Se recomienda que los protectores contra la llama que se usen, sean de un tipo que haya sido aprobado mediante ensayos e investigación, como efectivo en las condiciones de instalación y uso.

Para las tuberías de tamaño mayores de 10 cm, la efectividad de las protecciones contra la llama, que usan pantallas basadas en el principio de Davy, es discutible o dudosa. Se ha encontrado que son dispositivos razonablemente efectivos de protección contra las llamas, las válvulas de seguridad que permanecen cerradas para diferencias de presión menores de 2,5 gr/cm² y los parallamas en forma de tubo, placa y sus equivalentes.

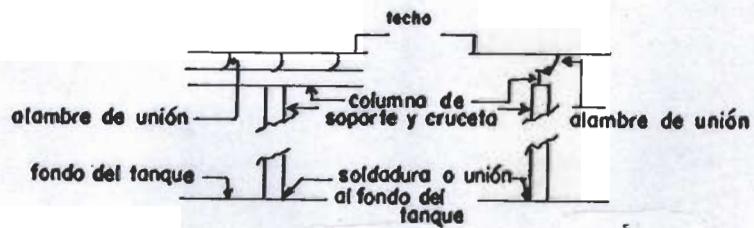


FIGURA E

Se recomienda que los protectores de llama estén incorporados en una cubierta sólida y sean capaces de resistir los efectos de la limpieza, la llama y las presiones, sin que el material sufra deformaciones o daños. Cuando se usen pantallas de alambre resistente a la corrosión, éstas deben ser de malla de 160 hilos por cada 10 cm. Estas pantallas deben estar protegidas tanto como sea factible, contra daños mecánicos.

SECCION 32 - PROTECCION DE ESTRUCTURAS DE TIPOS ESPECIALES

3210 Tanques de acero que contienen líquidos inflamables a la presión atmosférica, situados sobre la superficie de tierra. El contenido de los tanques de acero con techo de acero de construcción de roblones, remachada o soldada, con piezas soportes o sin ellas, se considera razonablemente protegido contra el rayo si los tanques cumplen con las especificaciones siguientes:

- a) Todas las uniones entre planchas de acero serán roblonadas, remachadas o soldadas.
- b) Todas las tuberías que entran al tanque estarán metálicamente conectadas a él en el punto de entrada.
- c) Todas las aberturas de vapor o de gas estarán cerradas o serán a prueba de llamas, como describen los requisitos de 3150, cuando los materiales depositados corresponden a la Clase I o Clase II de líquidos inflamables. (CEN).
- d) El metal del tanque y de su techo tendrán adecuado espesor, para que los rayos no produzcan perforaciones. Las planchas o chapas de 4,76 mm han demostrado ser adecuadas para la construcción de estos tanques.
- e) El techo debe estar continuamente soldado al cuerpo del tanque o con pernos o roblones y calafateado para tener una junta hermética al gas y eléctricamente continua.

3220 Protecciones adicionales. En los casos en que se considere justificada una protección adicional, se recomiendan los procedimientos siguientes:

- a) La estructura interna de los miembros soportes se unirá a la cubierta del tanque con pernos, roblones, soldadura u otra unión metálica, a distancias no mayores de 3 metros (Figura E).

Cualquier puente de unión entre el techo dilatable y los miembros rígidos de la estructura, serán tan cortos como sea posible, por razones eléctricas; pero tendrán suficiente longitud para evitar los tirones debido al movimiento mecánico del techo. El conductor será flexible y el calibre no será menor del No. 1. El metal del conductor será resistente a la corrosión.

por los líquidos y vapores existentes en el tanque.

b) Se proveerá un sistema de alambres aéreos puestos a tierra o un mástil, para impedir el contacto directo de la descarga del rayo sobre la cubierta.

3230 Tanques con techo flotante.

a) Generalidades. Los tanques con techo flotante con mecanismos de suspensión ubicados dentro de un espacio de vapores, se han incendiado ocasionalmente en el sello, durante las tormentas de rayos, aunque no hubo evidencia de la descarga. Esto puede ser el resultado de chispas que pueden ocurrir en los pernos de unión de los mecanismos de suspensión, cuando las cargas confinadas en el techo son instantáneamente descargadas por la proximidad de un rayo y pasan a tierra a través de los mecanismos de suspensión y el cuerpo del tanque.

b) Protección. La experiencia indica que los hechos flotantes de los tanques sin espacio de vapor, no están sujetos a la ignición y no se consideran necesarias medidas de protección.

En las áreas donde la protección contra el rayo se considera justificada, los techos colgantes de los tanques colocados dentro de un espacio de vapor pueden ser protegidos como sigue:

- 1) Unir el techo a las zapatas del sello a intervalos no mayores de 3 metros, sobre la circunferencia del tanque y,
- 2) Interrumpir las vías de paso de corriente en los lazos de suspensión, por medio de uniones aislantes o instalar uniones, puenteando los pernos de unión del mecanismo de suspensión.

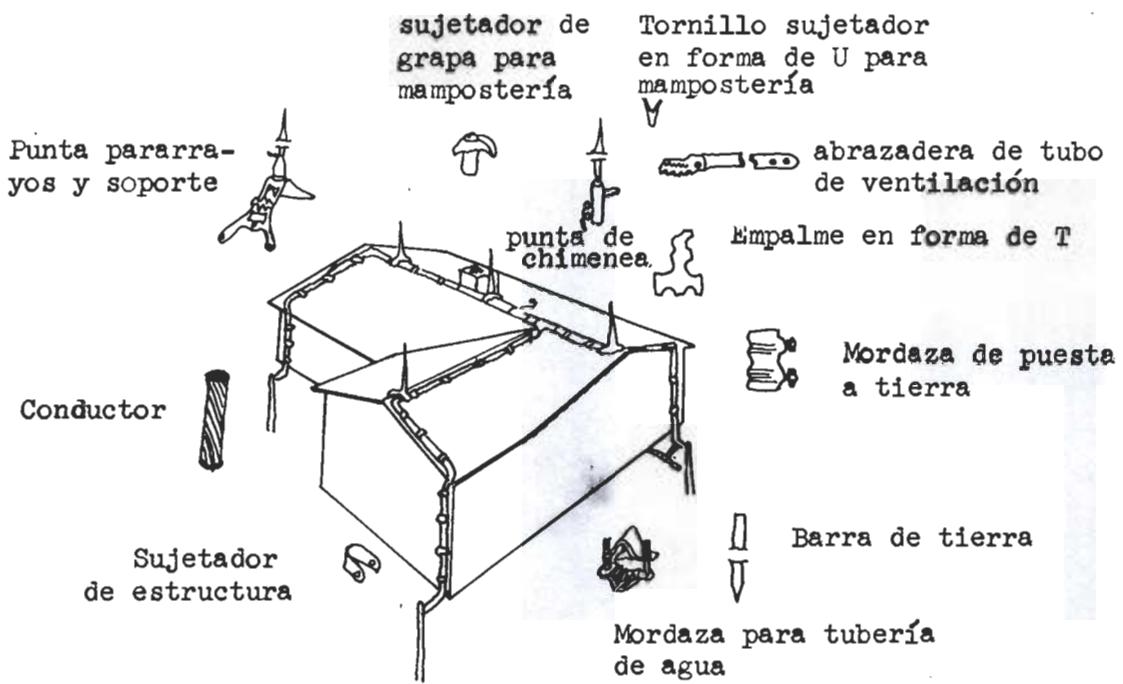
3240 Tanques de acero con techo no metálico. Los tanques de acero con techo de madera u otros materiales no conductores, no son considerados autoprotegidos, aunque el techo sea esencialmente hermético al gas y recubierto con una delgada capa de metal y con todas las aberturas cerradas o a prueba de llama. Dichos tanques estarán provistos de puntas pararrayos de suficiente altura y número, para recibir todas las descargas y dirigirlas fuera del techo. Las puntas pararrayos estarán completamente unidas entre sí, a la cubierta metálica, si la hay, y al tanque. Se recomienda que se eviten las partes de metal aisladas, o que se unan al tanque. En lugar de puntas para rayos se pueden utilizar cualquiera de los materiales siguientes: mástiles conductores adecuadamente espaciados alrededor del tanque; alambres aéreos puestos a tierra o una combinación de mástiles y alambres aéreos de tierra.

3250 Puesta a tierra de los tanques. Los tanques deben estar bien puestos a tierra, para llevar hacia afuera la corriente de las descargas directas del rayo y evitar la formación de potenciales que pueden originar chispas a tierra.

Los tanques de acero que estén en estrecho contacto con tierra o tanques sobre tierra, que estén conectados a extensas tuberías metálicas, están inherentemente bien puestos a tierra.

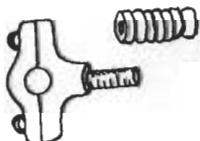
3260 Depósitos de líquidos y gases inflamables a presión. Los tanques sobre tierra que contienen líquidos inflamables o gas licuado de petróleo a presión, no necesitan protección contra el rayo.

3270 Recipientes de barro. Los recipientes de tierra o barro, con techo o sin él y con revestimiento o sin él, pueden ser protegidos por pararrayos, mástiles separados, alambres aéreos puestos a tierra o una combinación de éstos.

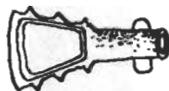


Instalación típica en un inmueble de techo de dos aguas.

Sujetador de dos tornillos para mampostería



Sujetador para hincar en mampostería



Sujetador de grapa para mampostería



Sujetador de anillo para mampostería



Sujetador en U de tornillo para mampostería



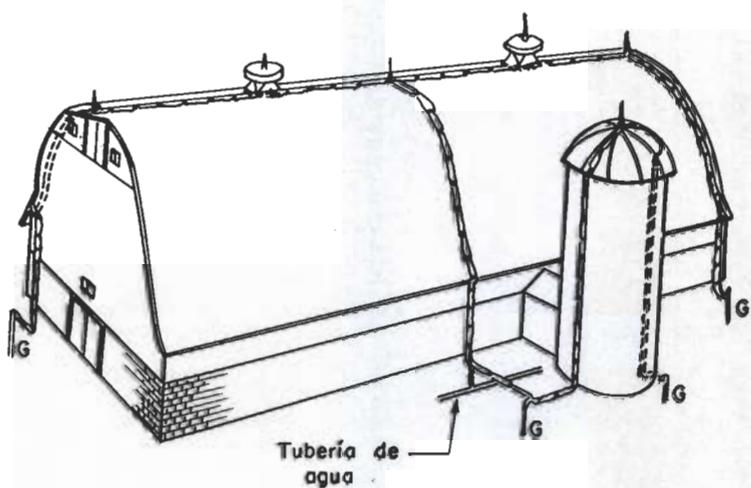
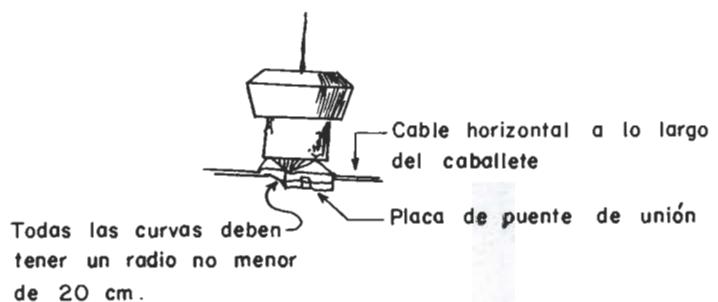
Sujetador de dos clavos



Sujetador de estructura

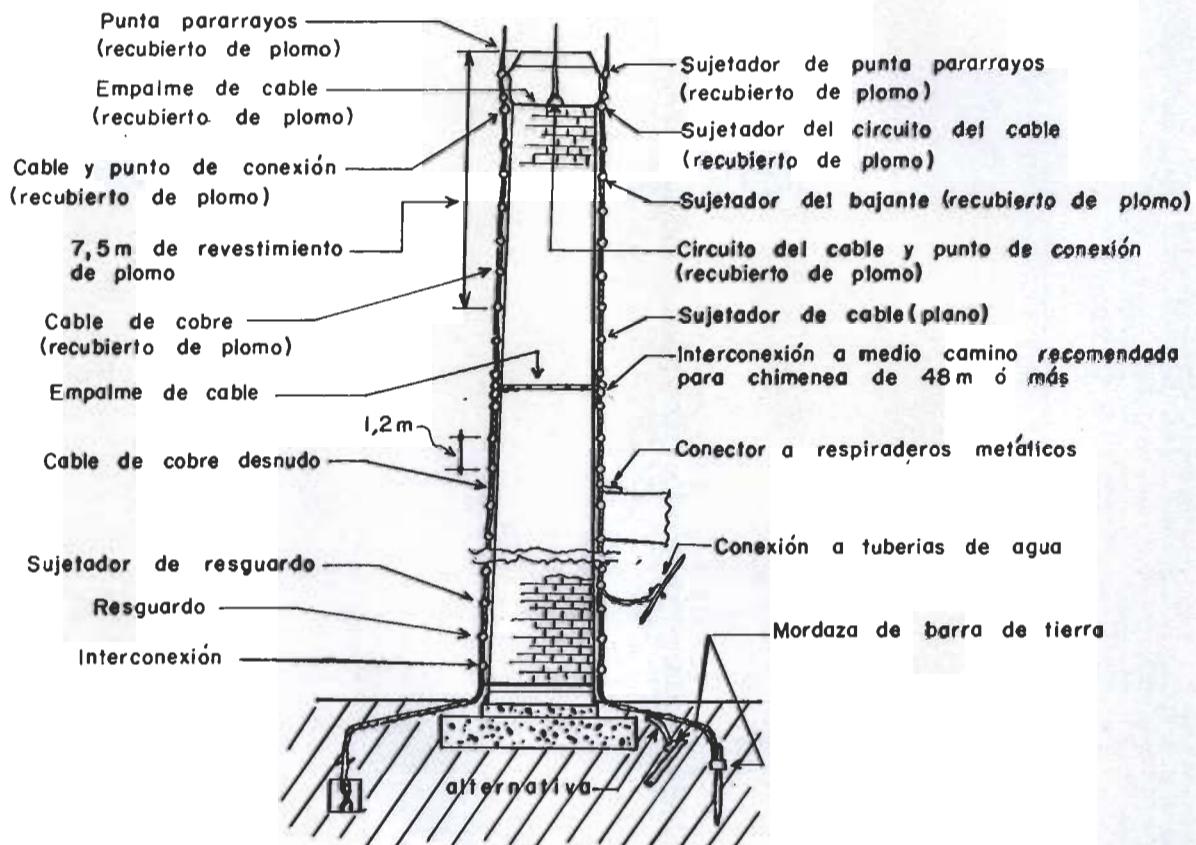


SUJETADORES TÍPICOS

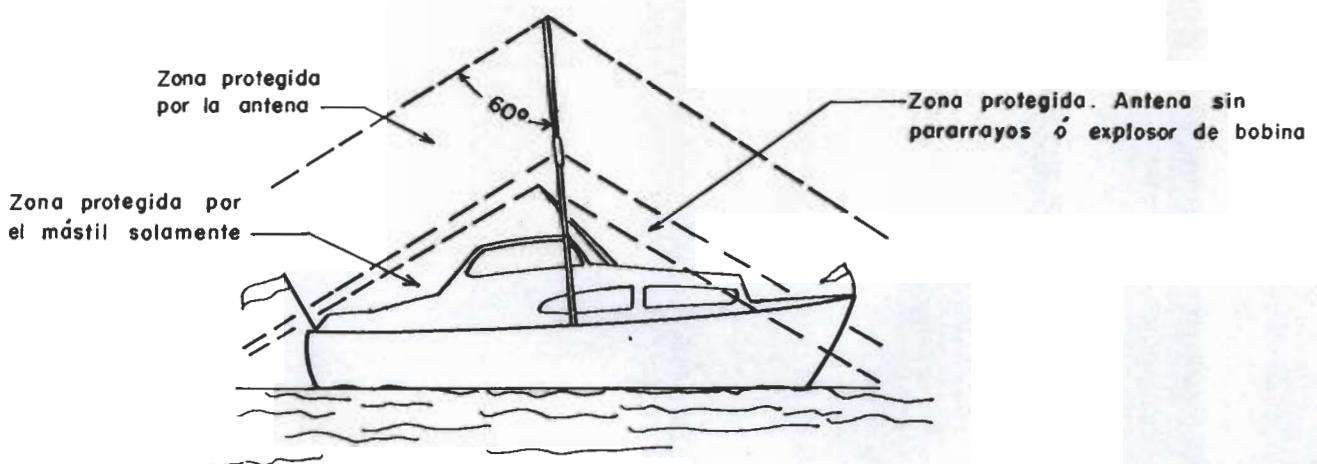
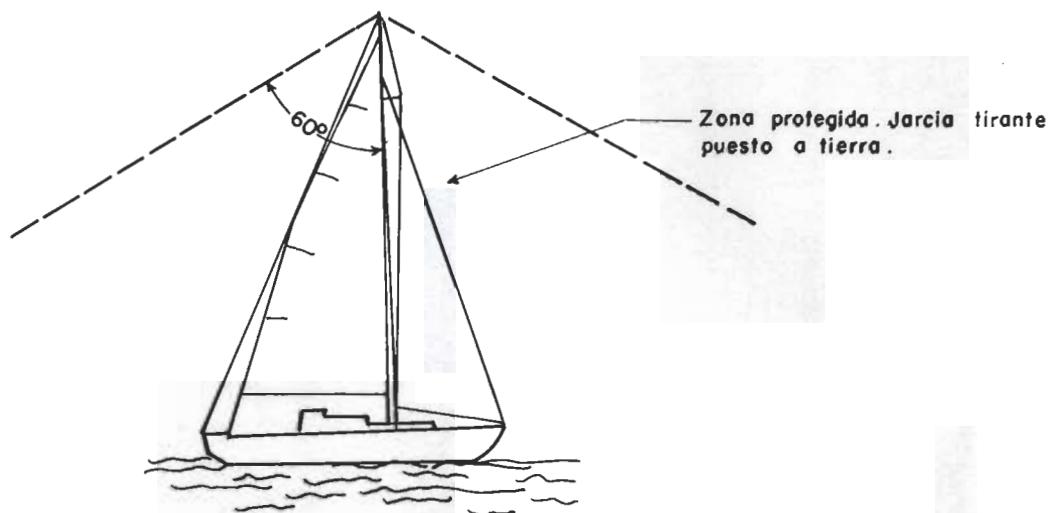


INSTALACION TIPICA PARA DEPOSITOS DE GRANOS Y SILOS

PARARRAYOS



INSTALACION TIPICA DE CHIMENEA DE SERVICIO PESADO



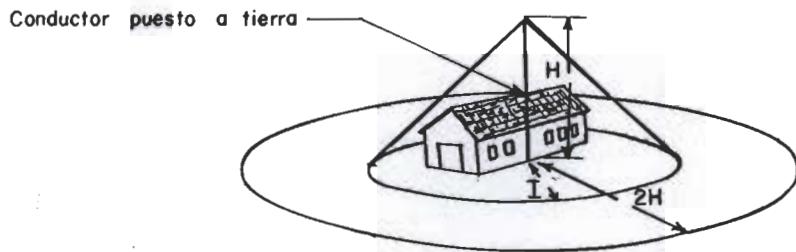
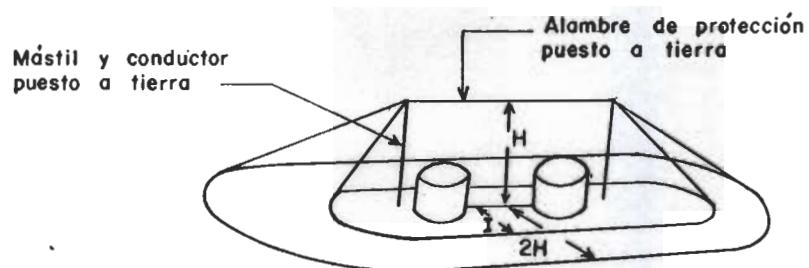


Figura A. — CONO DE PROTECCION PROVISTO POR UN CONDUCTOR VERTICAL PUESTO A TIERRA



H = Altura del alambre

Figura B. — ZONA DE PROTECCION PROPORCIONADA POR UN CONDUCTOR HORIZONTAL AEREO PUESTO A TIERRA

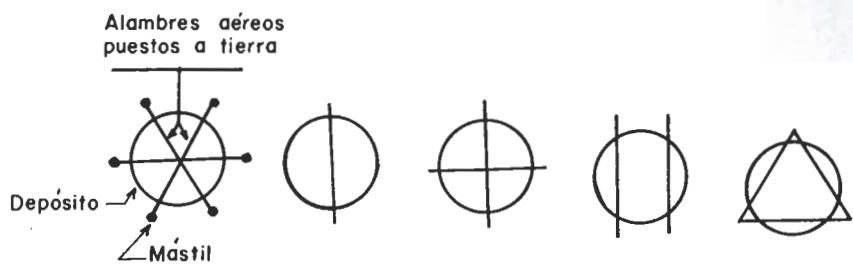


Figura C

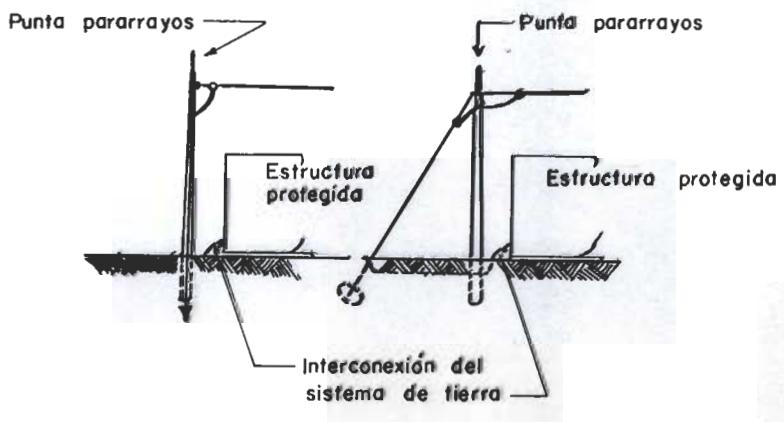
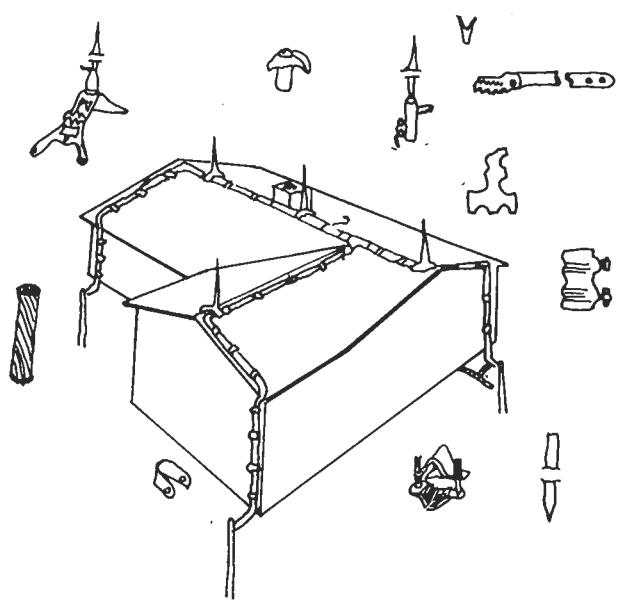
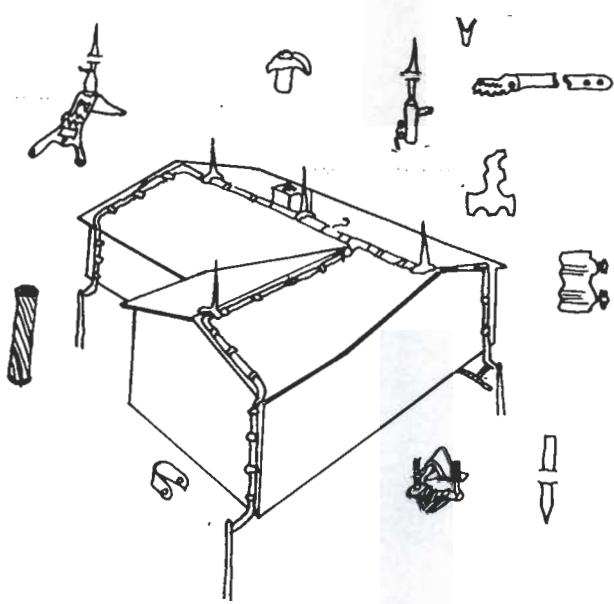


Figura D.— METODOS DE PUESTA A TIERRA PARA ALAMBRES AEREOS
DE PROTECCION CONTRA EL RAYO





**COVENIN
599:1973**

**CATEGORÍA
F**

**CODELECTRA
Comité de Electricidad de Venezuela**

Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51.
Teléfonos: 285-28-67 / 77-74 Fax: 285-47-87
E-mail: codelectra@codelectra.org

ICS: 621.316.91

ISBN:

**RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.**

Descriptores: Código de Protección