

## PRECAUCIONES Y DEFENSA CONTRA EL RAYO

Por JOSE M.<sup>a</sup> ROMERO ORDEIG



El elevado número de víctimas que se registra todos los años por causa de las descargas atmosféricas, hace necesaria la publicación de la presente HOJA DIVULGADORA, que recoge las principales normas de defensa contra el rayo, puesto que el conocimiento de éstas y la prudencia en seguirlas reduce o hace desaparecer totalmente el peligro del mismo.

# PRECAUCIONES Y DEFENSA CONTRA EL RAYO

## El rayo y formas de presentarse.

En tiempo tempestuoso, las nubes pueden hallarse cargadas con grandes cantidades de electricidad y originar una diferencia de potenciales entre ellas y la tierra, suficiente para que salte la chispa a la distancia que se hallan. Esta chispa es la que se conoce con el nombre de “rayo”, cuando la descarga es entre nube y tierra, y de “relámpago” si se produce entre dos nubes.

Pero las descargas eléctricas de la atmósfera, que pueden resultar peligrosas, tienen también otras formas de presentarse.

Una de ellas es el llamado “rayo de retroceso”. Cuando una nube cargada se encuentra sobre la tierra, se produce en los puntos de ésta más próximos a la nube una acumulación de electricidad por influencia. Si la nube pasa o se descarga lentamente, esta acumulación de electricidad desaparece también con lentitud y no existe peligro alguno. Pero si la nube descarga bruscamente con otra nube, neutralizándose, la electricidad acumulada se reintegra rápidamente a la tierra, produciendo el efecto de un rayo, sin que haya saltado la chispa. Los cadáveres de las personas o animales que lo han sufrido no presentan señal de descarga en las partes superiores, sino en las inferiores, que llegan a desaparecer carbonizadas.

Este es el caso que se dió hace poco tiempo, en las obras de un edificio de Madrid. Un obrero quedó electrocutado por estar cogido a la torre metálica de un montacargas, sin que en este lugar hubiese caído ningún rayo, bastando para ello el paso de una tormenta por encima del lugar en que se hallaba.

También se puede producir este fenómeno en las proximidades del sitio en que cae un rayo, ya que se origina una

gran diferencia de potencial entre puntos próximos, y basta hallarse en contacto con dos de estos puntos para que la descarga entre ellos sea mortal. Esta distancia puede ser tan corta como la que separa las patas anteriores y posteriores de una caballería.

Por último, están los llamados “rayos de bola”, que aparecen como un globo difuso y luminoso, que alcanza hasta 60 centímetros de diámetro, y se desplazan lentamente en el aire, pudiendo penetrar en el interior de las casas por algún sitio abierto. No existe una explicación clara de este fenómeno, pero puede ser peligroso, porque así como algunas veces desaparece sin dejar huellas, otras termina con una explosión que produce los mismos efectos del rayo, es decir: fusión de metales, destrucción de partes de edificios, etc.

La precaución a tomar con esta clase de rayo, que por suerte es bastante rara, es la de permanecer inmóvil, ya que el movimiento produce una corriente de aire que puede arrasrarlo tras el que huye.

### **Cómo se produce el rayo y puntos en que cae.**

Para que pueda producirse una descarga eléctrica entre nube y tierra a través del aire, éste necesita convertirse en un buen conductor de la electricidad, y esta propiedad la adquiere mediante una serie de cargas eléctricas ultramicroscópicas llamadas iones.

Los iones se están creando y desapareciendo constantemente, y su número en el aire aumenta con la proximidad de las nubes tormentosas.

Para que el rayo salte entre la nube y la tierra ha de formarse una columna de iones que los una y entonces por ella se produce no una descarga, como se cree corrientemente, sino varias sucesivas, en un intervalo tan corto de tiempo que parecen una sola. Las primeras, llamadas “descargas guía”, parten de la nube y suelen ser ramificadas: al principio cortas, va aumentando cada una su longitud respecto a la anterior, hasta que, al fin, la mayor de todas llega al suelo. Entonces se origina la “descarga de retroceso, o principal”.

ramificada, que va del suelo a la nube, seguida por otras, que parten también de tierra, sin ramificaciones, llamadas “dardos o saetas”.

Puesto que los iones intervienen en la caída de los rayos, pueden ser peligrosos aquellos lugares que los producen en mayor cantidad. Esto sucede en las líneas de contacto de dos terrenos geológicos diferentes, como ocurre en los valles altos de las cordilleras o en las proximidades de las fuentes. También las cuevas pueden tener el aire ionizado, así como el humo que se desprende de las chimeneas y, en general, se puede suponer que hay ionización en todos los lugares en que han caído rayos anteriormente.

La topografía del terreno nos indica también como peligrosos todos los puntos elevados o que sobresalen. El guarecerse de la tormenta bajo un árbol es la causa que produce más víctimas por fulminación. Igualmente se expone la persona que, estando en un sitio llano, se refugia en un carro, en un chozo o permanece de pie sin protección.

Si el aire está ionizado, es decir, si es buen conductor de la electricidad, las corrientes de aire favorecen la caída del rayo. Esto es lo que ocurre en los cursos de agua, en los que por diferencia de temperatura, se originan desplazamientos de aire. Por lo mismo, son peligrosas las corrientes en el interior de las casas, al dejar puertas o ventanas abiertas, y las de aire caliente que salen por la chimenea. Parecidas también, aunque no tan intensas, son las provocadas por el ganado al agruparse, y que tan caras han resultado en muchas ocasiones a los ganaderos.

No debe olvidarse que el rayo descarga por donde le resulta más fácil y se deben rehuir los sitios donde encuentra esta facilidad, como son las masas metálicas, las paredes o rocas mojadas, etc., y recordar que, por desgracia, el cuerpo humano es un buen conductor de la electricidad, especialmente cuando el calzado está húmedo.

### **Efectos que produce el rayo.**

En muchas ocasiones el rayo parece tener una forma caprichosa de actuar, lanzando pesadas piedras a distancia. o

rajándolas, causando destrozos en edificios o, por el contrario, pasando sin originar desperfectos de ninguna clase. Esto se debe principalmente a la menor o mayor facilidad que encuentra para descargar en tierra y en ello se basa la seguridad del pararrayos, que proporciona esta facilidad.

Las elevadas temperaturas que produce en algunas ocasiones son causa de incendios en bosques y edificios, funden y volatilizan metales, e incluso minerales, que son malos conductores. Llega a provocar temperaturas superiores a las de la superficie del sol (hasta 14.000 grados centígrados).

Cuando la chispa atraviesa el aire, éste se expansiona por el calor, y al enfriarse se contrae, siendo esta sucesión de fenómenos la que origina el ruido del trueno.

Otro efecto del rayo es el de transformar el oxígeno en ozono, cuyo olor picante y fuerte se suele atribuir corrientemente a vapores de azufre. Produce también un efecto beneficioso al combinar el nitrógeno con el oxígeno que, precipitado por la lluvia, da un excelente abono.

Los efectos sobre las personas son variados también. Algunas alcanzadas por el rayo no han sufrido daños, quedando en ocasiones desnudas y habiendo sido fundidos los objetos de metal que llevaban encima. Pero éste es un caso extraño. Lo corriente es que las personas alcanzadas por el rayo sean fulminadas y sus cadáveres muestren quemaduras en la piel, congestión cerebral y derrames internos, acompañados en muchas ocasiones de hundimiento y fractura de huesos.

### **Precauciones a seguir en el campo.**

Las principales precauciones que se deben adoptar en caso de tormenta cuando se está en el campo, son las siguientes:

1.<sup>a</sup> No buscar refugio bajo un árbol aislado. El bosque, en cambio, es un lugar bastante seguro, siempre que se procure que el árbol elegido para guarecerse no sobresalga entre los demás.

2.<sup>a</sup> Apartarse de las masas metálicas, como son los aperos de labranza, vallas de alambre, etc.

3.<sup>a</sup> Debe de huirse de los puntos elevados o que sobre-

salgan del terreno, como el carro o el chozo cuando se está en lugar llano, así como permanecer de pie en las mismas circunstancias. Se debe desmontar de la caballería si se iba montado.

4.<sup>a</sup> No guarecerse en cuevas, que pueden ser muy peligrosas por tener el aire ionizado.

5.<sup>a</sup> Apartarse de rocas y paredes mojadas, pues son buenos conductores de la electricidad.

6.<sup>a</sup> Alejarse de fuentes y cursos de agua, así como de los lugares en que se sepa que han caído rayos anteriormente. Evitar los valles altos de las cordilleras. Todos estos sitios son peligrosos por la producción de iones.

7.<sup>a</sup> Rehuir la proximidad de tendidos eléctricos.

8.<sup>a</sup> Cerrar las ventanillas en trenes y automóviles. De esta forma son unos sitios bastante seguros.

Estas precauciones son molestas de cumplir; pero la prudencia aconseja que, en caso necesario, es mejor afrontar mojaduras e incomodidades que el exponerse al peligro del rayo.

Lo mejor, a ser posible, es no dejarse sorprender por la tormenta y resignarse a perder tiempo en el trabajo, buscando un refugio que ofrezca seguridades, antes de que estalle. Claro que, desgraciadamente, esto no se puede hacer en muchas ocasiones.

### **Precauciones a seguir en el interior de las casas.**

Las principales entre ellas son:

1.<sup>a</sup> Alejarse lo más posible de las chimeneas. Estas son peligrosas por varias razones: son puntos elevados, y en muchos casos metálicas; provocan una corriente de aire caliente, que se eleva, y en el humo que despiden hay una fuerte ionización. Además, el hollín que las recubre es un buen conductor.

Si está el suelo húmedo o el calzado mojado, aumenta mucho el peligro.

2.<sup>a</sup> Mantener cerradas las puertas y ventanas, especialmente las que dan al exterior, para evitar corrientes de aire.

3.<sup>a</sup> No salir a la puerta para ver la tormenta. Se pro-

duce corriente de aire y, además, si la fachada está mojada, aumenta el peligro.

4.<sup>a</sup> No tocar la instalación eléctrica y, si es por la noche, apartar de la cabecera de la cama el interruptor colgante de la luz. Esto se debe al peligro de que caiga un rayo en el tendido eléctrico y penetre por él en el interior de la casa.

5.<sup>a</sup> Evitar el tocar toda clase de masas metálicas: ascensores, montacargas, cañerías, etc.

### Estadísticas.

Según los datos publicados en el *Calendario Meteorofenológico 1956*, del Servicio Meteorológico Nacional, el número de muertos por rayo en España, desde 1941 hasta 1954, es el siguiente:

	Varones	Hembras	Total
1941.....	42	8	50
1942.....	37	11	48
1943.....	43	12	55
1944.....	66	13	79
1945.....	32	10	42
1946.....	27	7	34
1947.....	63	7	70
1948.....	24	9	33
1949.....	104	28	132
1950.....	60	15	75
1951.....	48	5	53
1952.....	69	13	82
1953.....	68	14	82
1954.....	36	8	44
1955 (enero a octubre).....	98	34	132

Lo que arroja un promedio de más de 67 personas fulminadas por año.

Como se ve en el cuadro anterior, el año 1955 ha sido trágico, ya que alcanza (y posiblemente sobrepase cuando estén completas las estadísticas) al 1949, año en que se había registrado mayor número de víctimas.

De éstas, la mayoría son hombres y menos de la cuarta parte, mujeres, lo que es natural, ya que los primeros salen más al campo.

La distribución de muertes por provincias también es variable, siendo la de Cáceres la que va a la cabeza de esta triste estadística y luego las de Ciudad Real, Toledo, Burgos, Teruel y Badajoz. En las demás también se registran accidentes, pero no en número tan elevado.

### Pararrayos.

La caída del rayo puede originar serios destrozos si encuentra oposición a la toma de tierra; pero si halla facilidad

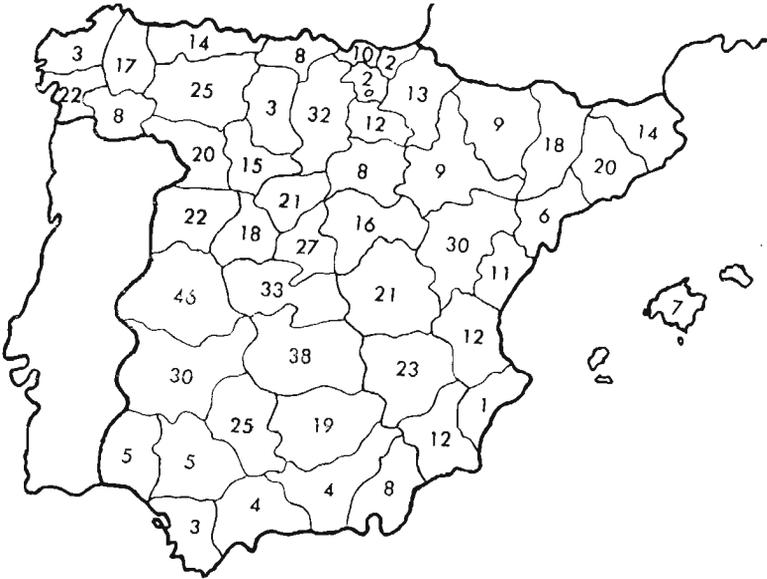


Fig. 1.—Número de personas muertas por rayo durante los períodos 1943-44. 1946-54.

en su descarga, lo más posible es que no produzca daño alguno.

La seguridad y protección que proporciona el pararrayos reside en el hecho de dar gran facilidad para la toma de tierra de la descarga y, además, que sea por él y no por otros puntos del edificio, por donde encuentre menor resistencia para llegar al suelo.

Las casas aisladas en el campo, o que forman pequeños núcleos, son puntos propicios a la caída del rayo y, por tanto,

es indispensable su protección, así como las de otras construcciones: silos, alojamientos para el ganado, graneros, depósitos elevados de agua, etc., siempre que su valor o el de las cosas que en ellos se guardan merezca el protegerlas y correr con los gastos que esto origina.

Especialmente, en los edificios en que se almacenan sustancias explosivas o inflamables es necesaria la protección.

El pararrayos se compone de tres partes principales: de un terminal aéreo, encargado de atraer sobre él la descarga, salvaguardando el resto del edificio; de un conductor, que la lleva hasta el suelo, y, por último, de una conexión subterránea, a través de la cual la electricidad pasa a tierra.

En todo pararrayos existe siempre el conductor y la conexión a tierra; pero su parte aérea puede variar, dando lugar a los siguientes sistemas de instalación:

El sistema antiguo, de Franklin, consiste en poner una barra única en el punto más elevado del edificio a proteger. Se admite que el volumen de protección es un cono recto circular, que tiene el vértice en el extremo de la barra y por diámetro de base el doble o cuádruple de la distancia desde el vértice al plano horizontal protegido. A los 16 metros de la vertical del pararrayos cesa toda protección debida al mismo.

El sistema moderno, de Mensens, que es el más utilizado en la actualidad, consiste en poner una serie de barras o puntas metálicas de menor altura que la anterior, repartidas por los puntos más elevados del edificio y en los que existe mayor peligro de recibir la descarga.

Por último, está el sistema de “banda de protección”, que carece de terminal aéreo y es sustituido por una cinta metálica, sujeta a las aristas y puntos más altos de la construcción a proteger.

A continuación se exponen las principales normas para la instalación de pararrayos.

#### TERMINAL AÉREO.

Como se ha dicho anteriormente, se deben proteger los puntos más vulnerables, por su colocación o por su masa,

con las barras necesarias para su seguridad. Estas tendrán de 25 a 50 centímetros de altura, para que el rayo recibido en su extremo no pueda provocar un incendio en el tejado, aumentando su longitud cuanto más inflamable sea éste.

La separación máxima entre barras será de siete a ocho

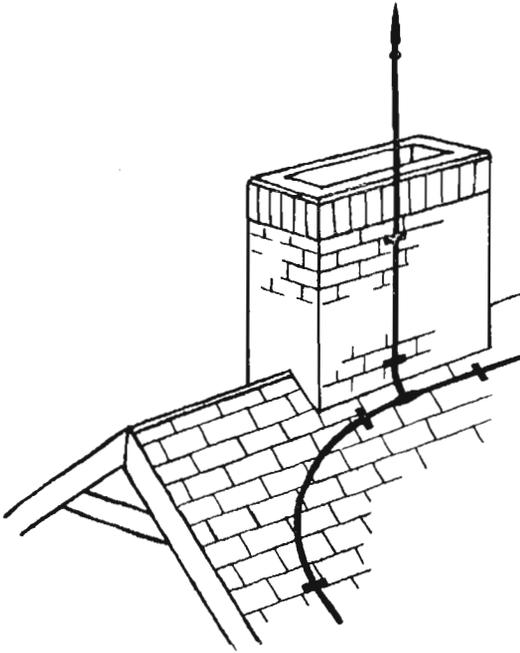


Fig. 2.—Las chimeneas deben llevar siempre protección.

metros en los lugares muy expuestos, como son: cumbres, balaustradas, bordes de terraza, etc.

Si el tejado es casi plano, se protegerá bien el alero, como lugar más vulnerable a las descargas, y se colocarán barras en los vértices de una cuadrícula ideal, que cubra el tejado, y cuyos lados midan 15 metros.

Cuando se trata de proteger silos, torres, tejados terminados en un solo vértice, etc., se necesita sólo un terminal aéreo.

Algunos puntos peligrosos, como chimeneas, astas para bandera, etc., se defienden con una punta que va unida, por

un conductor derivado, a la red general de protección del edificio.

El extremo de la barra o terminal aéreo, puede constar de una o varias puntas de cobre platinadas, para evitar que se funda al recibir la descarga. Pero esto no es necesario, bastando que sea en toda su longitud de acero galvanizado, con el fin de evitar la oxidación.

Las barras han de quedar sólidamente unidas a la estructura, para que no las pueda derribar el aire. Se las sujeta con tirantes o hincándolas en las armaduras, en cuyo caso, y para evitar que el agua atravesase la cubierta, se pone un embudo de cinc con la punta hacia arriba, tapando el agujero hecho para el paso de la barra.

Los salientes u objetos metálicos de los edificios no necesitan terminal aéreo, pero deben unirse firmemente a un conductor derivado de la red general.

#### CONDUCTORES.

Los conductores deben unir todas las barras verticales entre sí y comunicarlas con las conexiones a tierra. Ofrecerán la mínima resistencia posible al paso de la descarga, considerándose una sección suficiente la de 25 milímetros cuadrados para el cobre y la de 50 milímetros cuadrados para el hierro galvanizado. Este último es el que se utiliza corrientemente, por ser más económico.

El cambio de dirección en el conductor debe evitarse lo más posible y se hará suavemente, sin brusquedad, para prevenir las descargas entre puntos distanciados del mismo. Se admiten curvas con un radio mínimo de 20 centímetros y ángulo máximo de 90 grados.

En general, se procurará que la dirección de los conductores siga la horizontal o la vertical, y mientras sea posible atravesarán los obstáculos, como aleros, cornisas, etc., en vez de contornearlos.

El número de juntas entre conductores se reducirá al mínimo y se asegurará perfectamente el contacto, protegiéndolo de la oxidación. La superficie de unión será el doble de la

sección transversal del conductor, a fin de que la resistencia eléctrica de la junta sea muy pequeña.

Los conductores no se aislarán de la construcción, yendo unidos a ella con flejes de hierro y láminas de cinc, a distancia máxima de 120 centímetros.

El cable del conductor irá sujeto por soportes de hierro

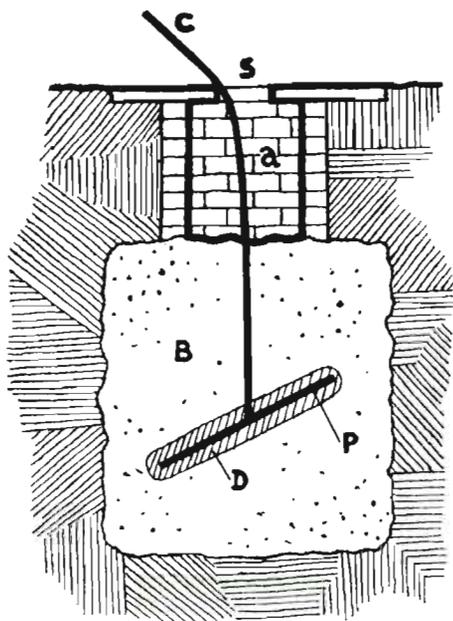


Fig. 3.—Sección de la arqueta de conexión a tierra: A, arqueta; B, tierra removida; C, conductor; D, capa de carbón; P, placa; S, sumidero.

galvanizado, sin aislamiento, y se tendrá en cuenta y se facilitará el movimiento de dilatación del mismo.

### CONEXIÓN A TIERRA

La conexión a tierra es la parte más cara e importante de la instalación y suele estar constituida por una placa metálica difusora, enterrada en el suelo y perfectamente soldada al extremo del conductor descendente. La parte subterránea de éste será del mismo metal que el de la placa, o de otro que no forme par electrolítico con ella.

La superficie de la placa difusora variará de 0'50 centímetros a un metro cuadrado. Si es en malla o en estrella, equivale a la misma forma llena y supone cierto ahorro de metal.

Se enterrará a 60 centímetros de profundidad por debajo de los cimientos, para que la descarga no pueda dañarlos, rodeándola de una capa de 25 centímetros de carbón vege-

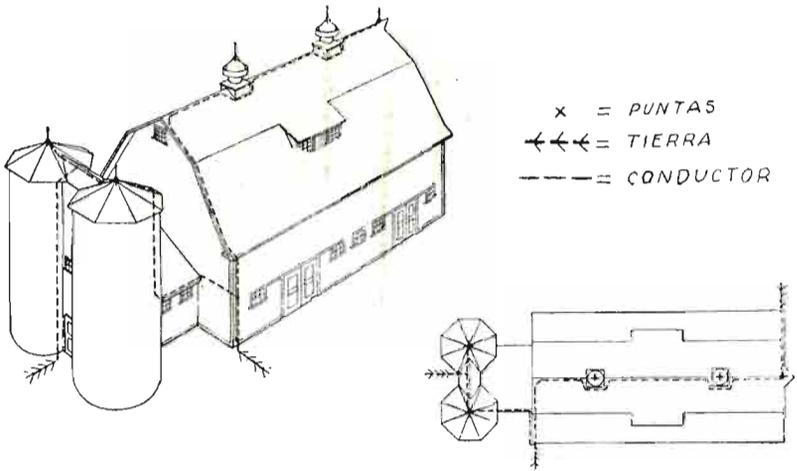


Fig. 4.—Vaquería protegida con una adecuada instalación de pararrayos.

tal, que se mantendrá en constante humedad. Para conseguir esto, se construye una arqueta, que se alimentará, cuando sea necesario, con unos pozales de agua, en caso de no existir un lugar húmedo apropiado para enterrar la placa.

Las tuberías de agua facilitarán la conexión con tierra, bastando unir a ellas, en un punto inmediatamente anterior al cimiento, el extremo del conductor descendente, bien por soldadura o por medio de una brida.

Otro sistema de hacer la conexión con tierra, no tan seguro como los anteriores, es enterrando en zanjas radiales con relación al edificio un mínimo de 3'50 metros del conductor, cuya parte enterrada debe estar en buenas condiciones de humedad.

En el punto por el que la descarga penetra en tierra se

crea una gran densidad de corriente que, al atravesar por debajo de la casa, puede producir desperfectos en los cimientos. Esto se evita repartiendo simétricamente alrededor del edificio las conexiones con tierra, cuyo número será el mayor posible. Debía haber siempre un mínimo de dos; pero como es la parte más cara de la instalación, se suele poner una sola en muchas ocasiones.

### INSTALACIÓN Y PRESUPUESTO.

La instalación se hará de acuerdo con las indicaciones anteriores y de forma que su duración sea prácticamente ilimitada. A pesar de esto, convendrá revisarla periódicamente y comprobar su buen estado, ya que un pararrayos deficiente-

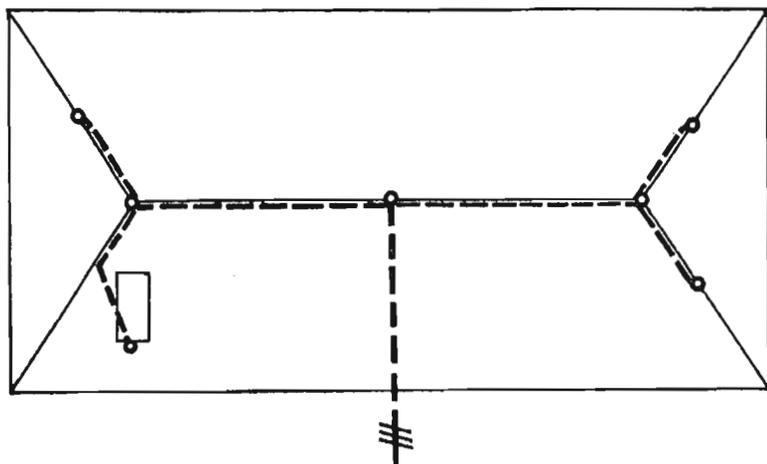


Fig. 5.—Esquema de pararrayos cuyo presupuesto asciende a 3,000 pesetas: O, puntas cortas; ---, conductor; ≡, toma de tierra.

mente instalado o en malas condiciones, encierra mayor peligro que la falta total de protección.

Hay casos especiales en que se modifica la instalación, como ocurre en las torres y construcciones totalmente metálicas, en que se prescinde de terminal aéreo y basta establecer dos conexiones con tierra a partir de puntos próximos a su base.

En caso de haber árboles próximos al edificio se hará la

instalación de forma que los proteja y, si no fuera posible, se armarán los árboles con pararrayos.

Las masas metálicas situadas en las inmediaciones de un edificio y tan próximas a él que exista el peligro de descargas laterales, se unirán por un conductor a la red general de protección, así como las masas metálicas grandes del interior de la casa, y cuya distancia a los conductores de la red sea menor de dos metros.

El proyecto de instalación debe realizarlo una casa acreditada y especializada en ello, o una persona bien documentada y técnica en la materia. El no hacer esto, por obtener una aparente economía, es la causa de la mala instalación de muchos pararrayos, que representan un verdadero peligro para las vidas y los bienes que debían proteger.

El presupuesto debe hacerse sobre el proyecto de instalación, ya que al poder presentar éste tantas variaciones, con motivo de las particularidades del edificio a proteger, el adelantar cifras podría conducir a error. Resulta más económico que los otros servicios de la casa.

La superficie y forma del tejado, el número de chimeneas y la manera de estar agrupadas, los adornos y salientes del edificio, así como el número de conexiones a tierra y la posible necesidad de hacer arquetas y, en general, todos los detalles de la construcción a proteger, son factores que influyen en el precio de la instalación.

De todas formas y para proporcionar una idea aproximada, reproducimos el siguiente esquema, de una instalación hecha por la Casa "Pararrayos Júpiter", de Madrid.

El edificio es de dos plantas, con una cubierta a cuatro aguas, cuya superficie mide 50 metros cuadrados.

La instalación consta de ocho puntas de bronce con estrella terminal de cobre. La placa difusora de conexión y el extremo del conductor descendente son, también, de cobre y ha sido necesaria la construcción de una arqueta.

En estas condiciones, el precio del pararrayos completamente instalado asciende a 3.000 pesetas, aproximadamente.