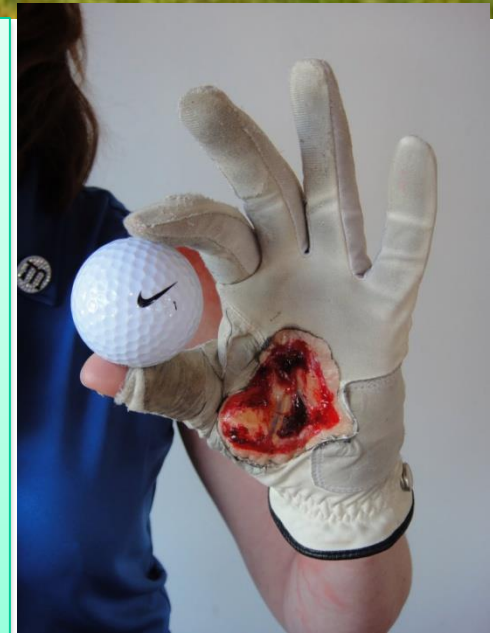




## **Electricidad Atmosférica.**

**Relámpagos, Rayos.**

**Descargas en forma de Bola,  
Fuegos de San Telmo.**

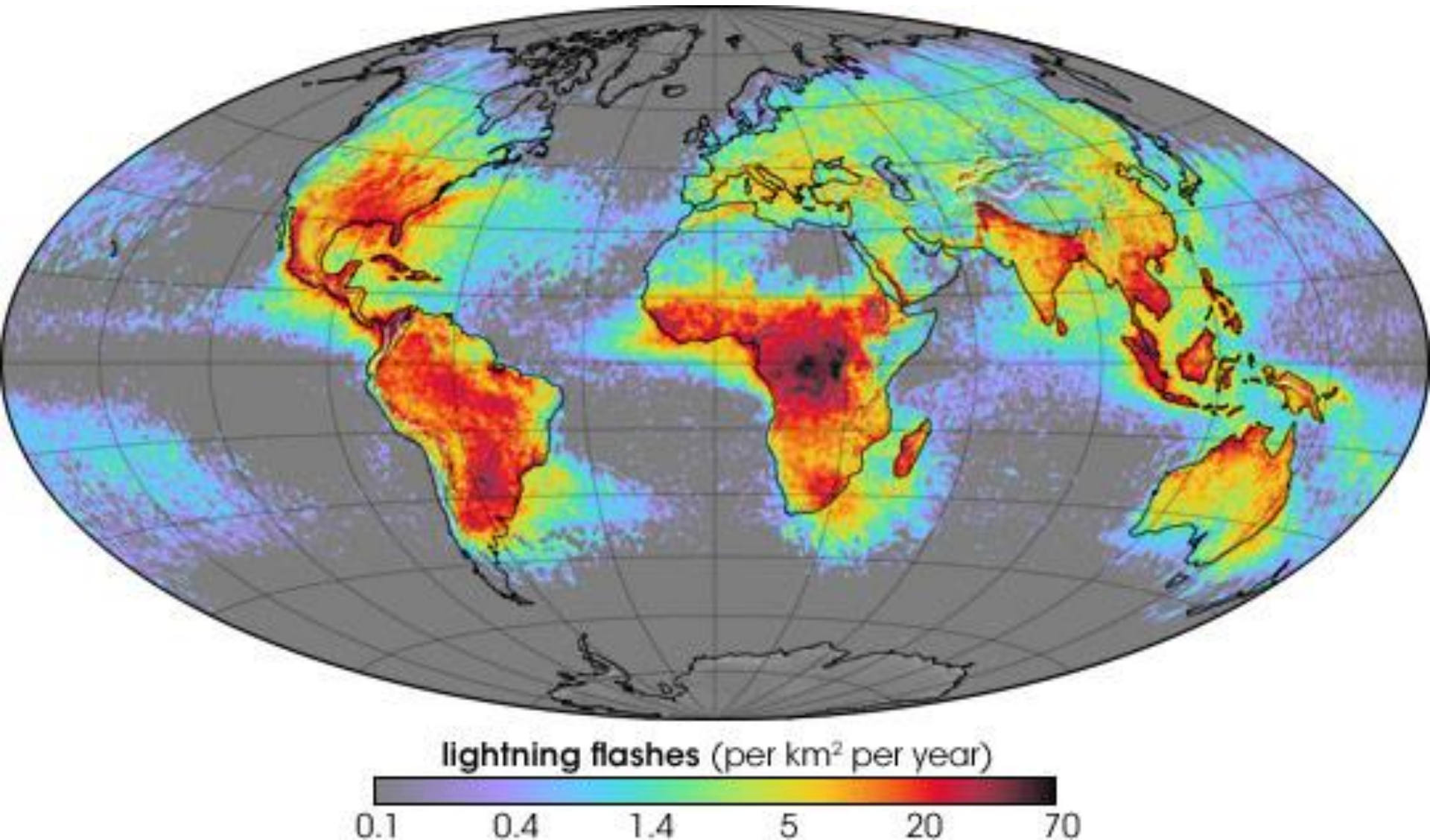


# Definiciones

- **Rayo:** Descarga eléctrica entre regiones positivas y negativas (nube a nube, nube a tierra, dentro de la nube, o tierra a nube)
  - Típicamente consiste de cuatro descargas, de una duración de 30 microsegundos.
  - Máximo poder por descarga es 1,000 Giga Watts.
- **Trueno:** Sonido producido por un rayo.
  - Rayo calienta la atmósfera a unos 20,000°C.
  - Esto comprime el aire que le rodea, lo cual produce una onda acústica al alejarse del rayo.
- El rayo se propaga a la velocidad de la luz (300.000 Km/seg), mientras que el trueno a la velocidad del sonido (360 Km/seg).

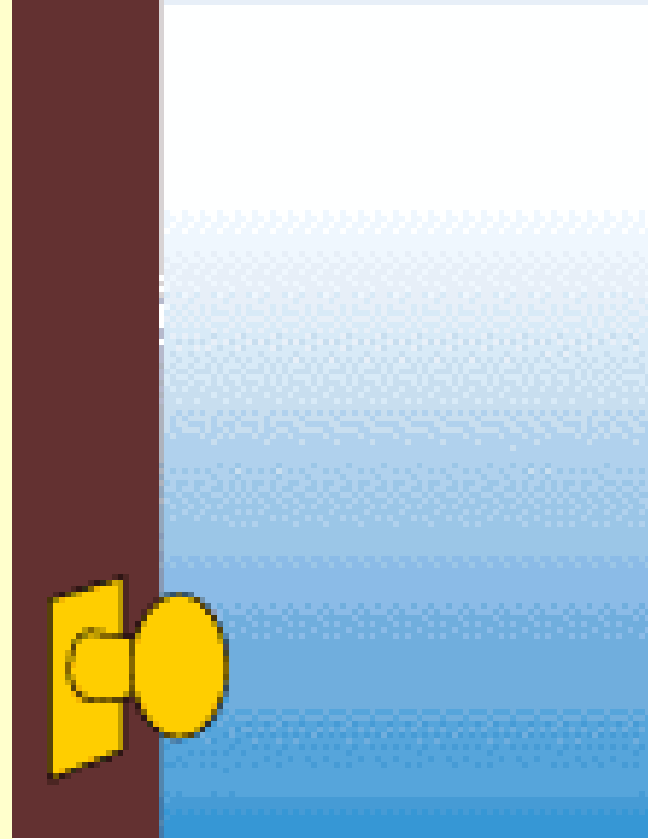
# DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE RELÁMPAGOS

## Total de relámpagos por Km<sup>2</sup>, 95/02





- He aquí algo divertido que puede experimentar en su cocina: Diríjase a la nevera, abra la puerta y saque un cubito de hielo. Después, busque en el congelador algo de escarcha —la pelusa cristalina que suele cubrir las paredes del congelador ¿Encontró algo? Frote el cubo de hielo suavemente sobre la escarcha.
  - No sucede nada?????
- Bien, ¿Pues qué esperaba? ¿Un relámpago?...
- De hecho, es precisamente así como se originan los relámpagos.



A miles de metros sobre la superficie terrestre, en las nubes cumulonimbus, pequeños cristales de hielo colisionan constantemente contra bolitas de hielo más grandes.

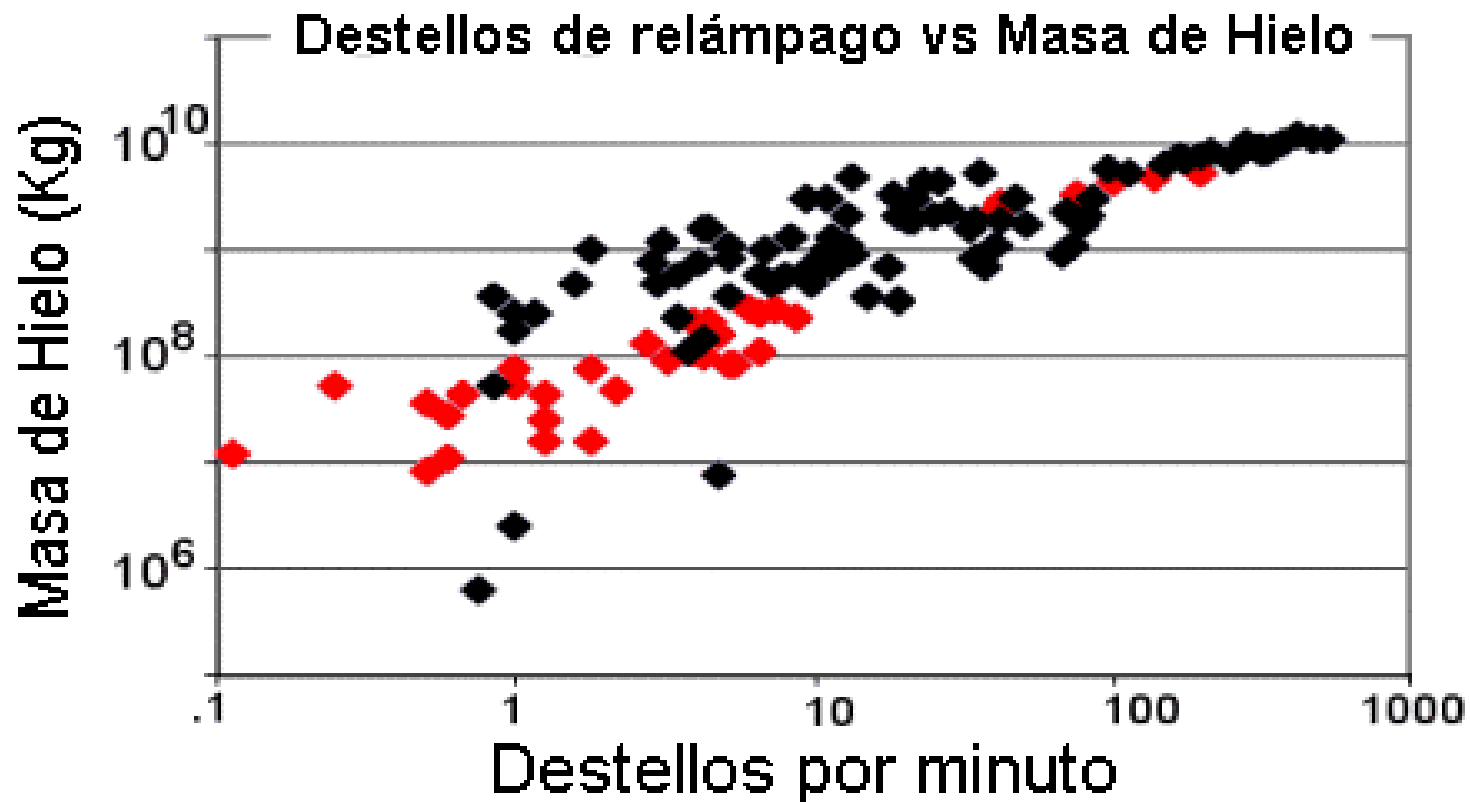
El roce de los dos tipos de hielo actúa como el roce de medias contra la alfombra. ¡Zap! Antes de darse cuenta, la nube crepita con potencial eléctrico —y un rayo explota sobre la superficie.

Fuente, NWS, NOAA.

- Parece difícil de creer que un poderoso relámpago, que en su trayecto calienta el aire a una temperatura tres veces mayor que la superficie del Sol, brote de pequeños trozos de hielo.
- Pero teóricamente así sucede, y de hecho, experimentos de laboratorio han confirmado que se puede generar electricidad a partir de colisiones hielo-hielo.
  - En una verdadera nube de tormenta, millones de pedazos de hielo colisionan constantemente, empujados por movimientos ascendentes con intervalos de velocidad que van desde 16 hasta 160 Km/h (10 a 100 mph). Los diminutos cristales de hielo se cargan positivamente y flotan hacia la parte superior de la nube, mientras que las bolitas de hielo más abultadas (llamadas "*graupel*" en inglés) se cargan negativamente y caen al fondo.

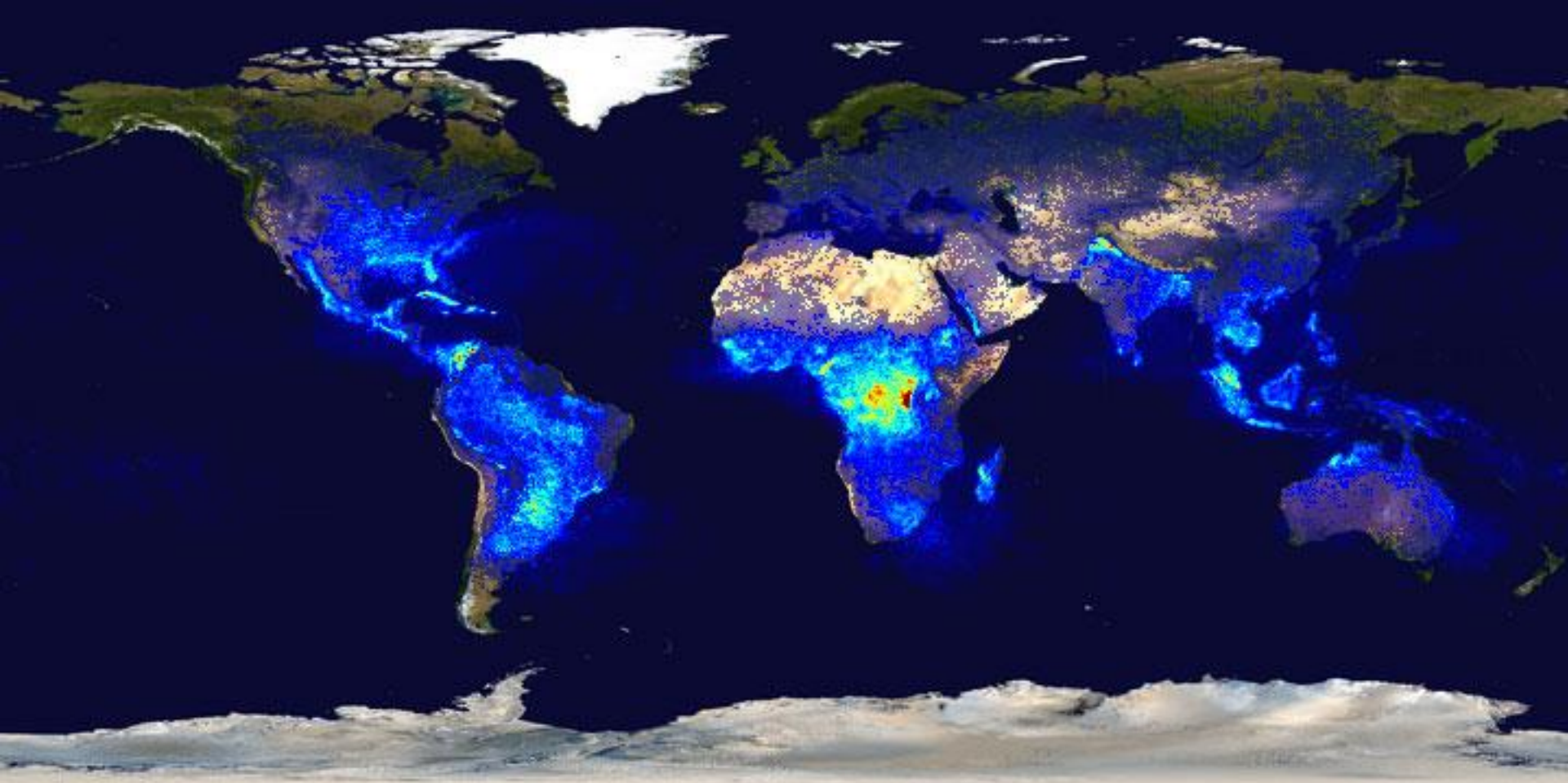
Esta separación genera megavoltios de tensión eléctrica y como consecuencia, los relámpagos.

Índices de relámpagos comparados con la masa de hielo, medidos en células de tormentas sobre Kansas/Colorado (negro) y Alabama (rojo).



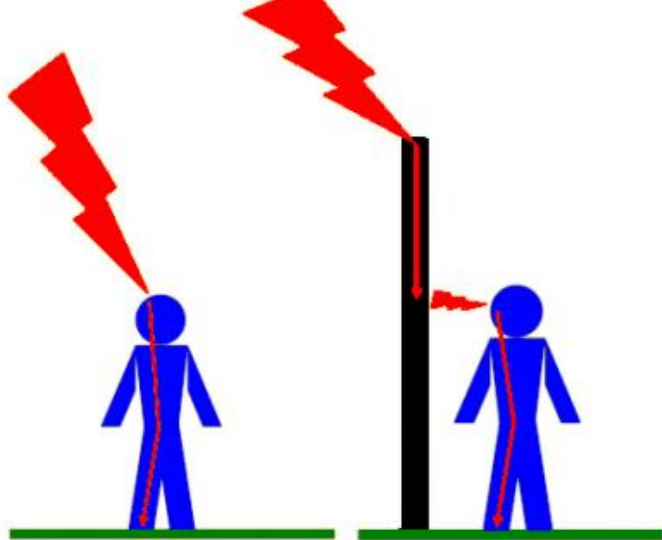
**“Existe una fuerte correlación entre el número de relámpagos y el hielo.”**

**Podemos darnos una buena idea de la cantidad de hielo que hay "allá arriba" contando los destellos de relámpagos”.**



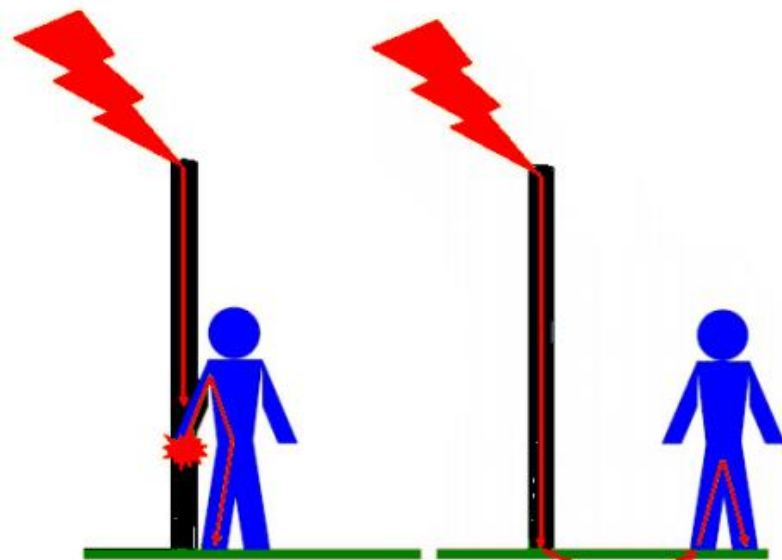
## **Mapa Mundial de Descargas Eléctricas**

Se observa un máximo en África central y un mínimo en las zonas polares



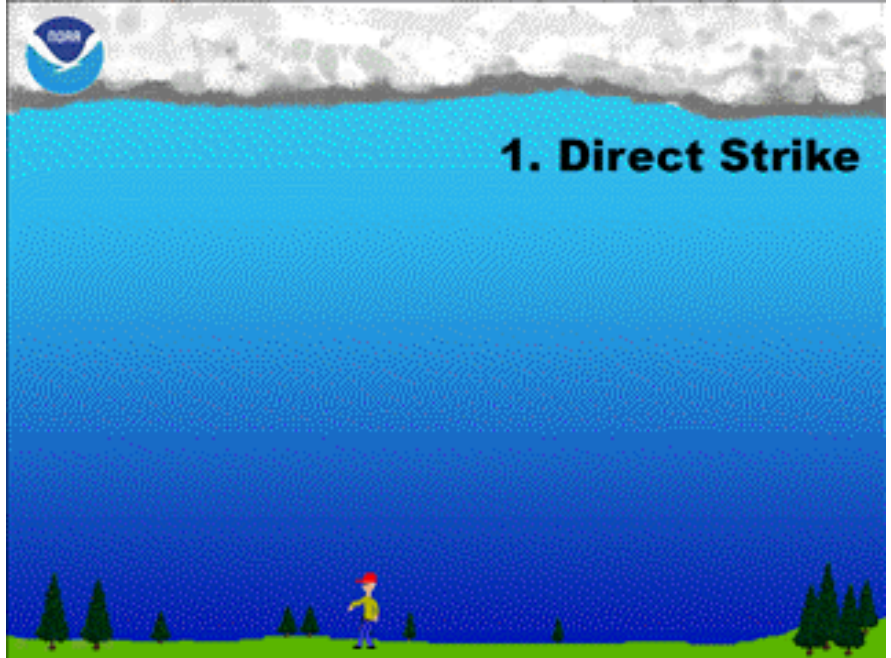
Direct Strike

Side Flash



Touch Potential

Step Potential

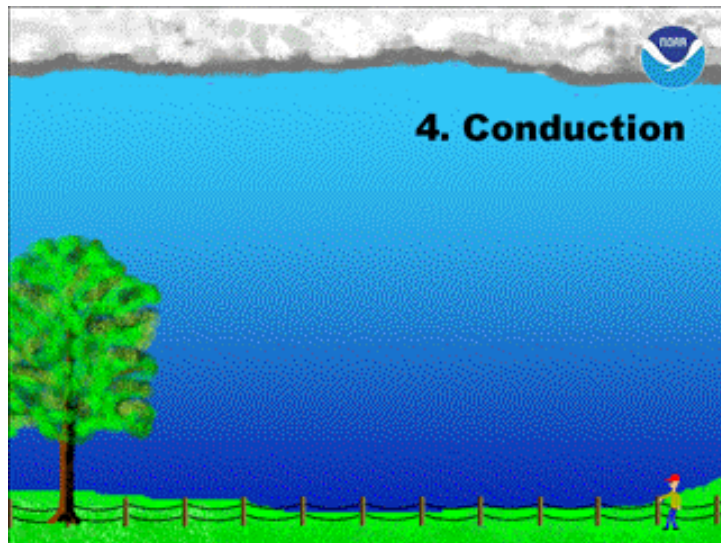
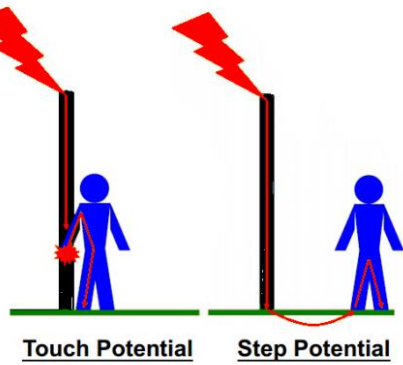
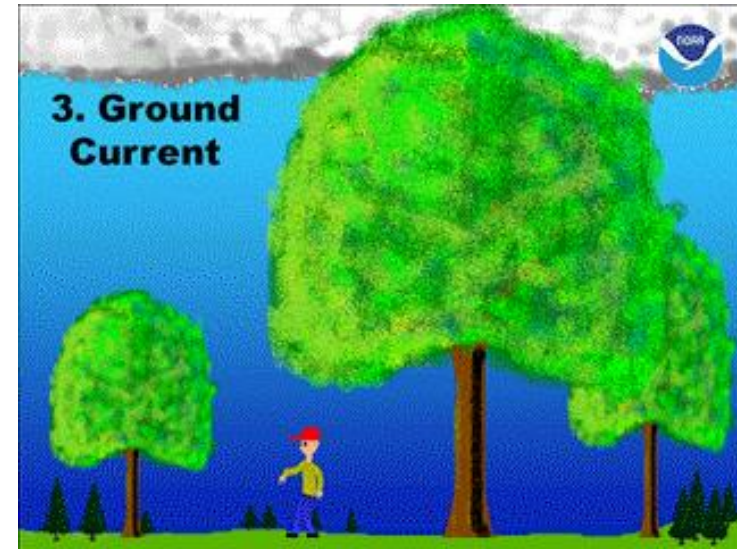
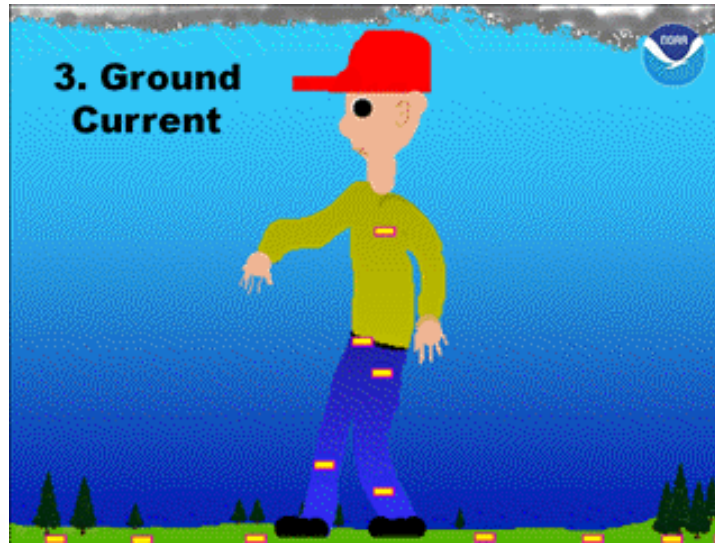
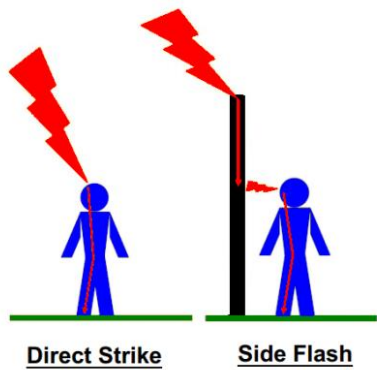


**1. Direct Strike**

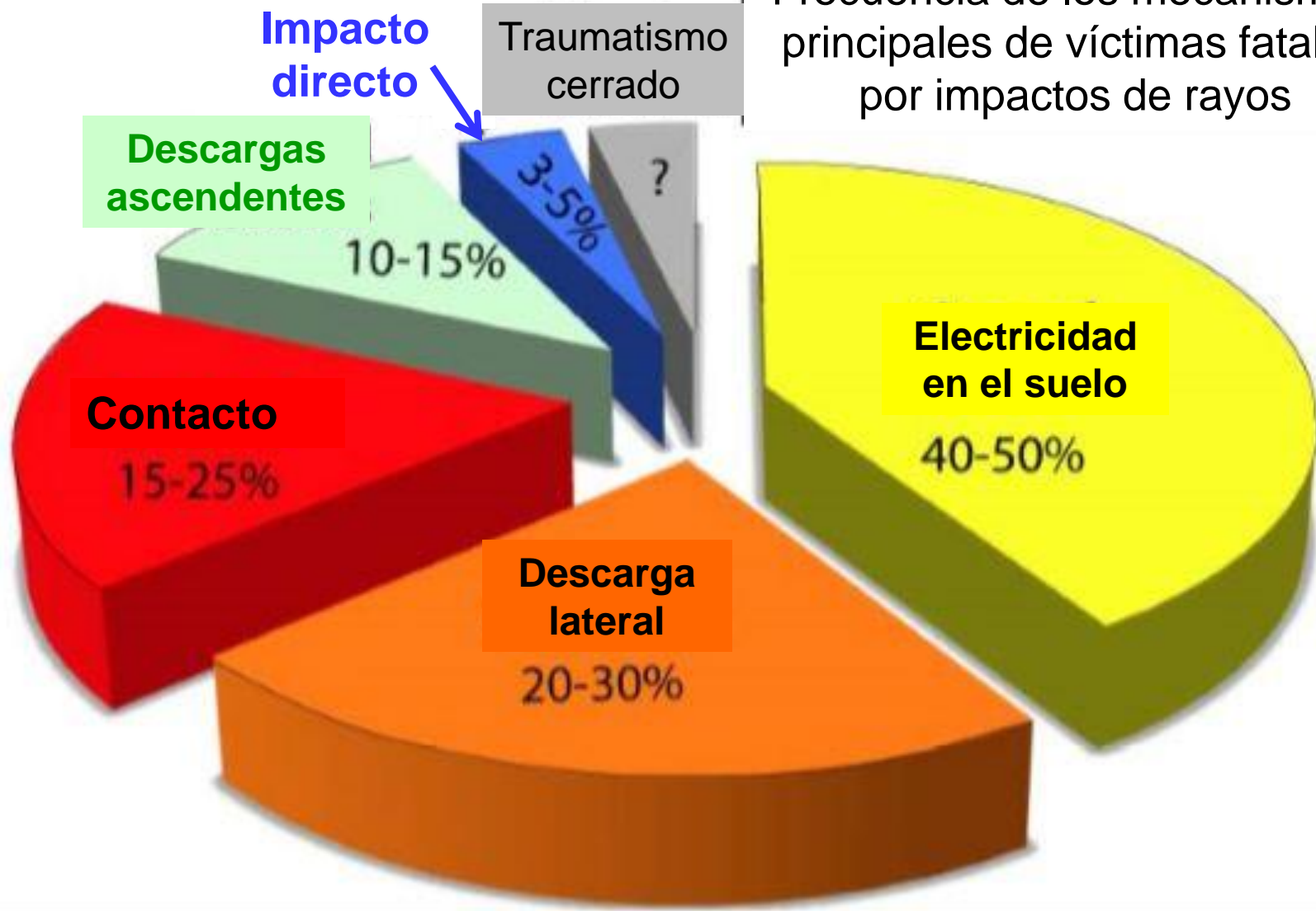


**2. Side Flash  
Side Splash**





Frecuencia de los mecanismos principales de víctimas fatales por impactos de rayos



# Introducción

- Anualmente unas cien personas mueren en los E.E.U.U. por causa de rayos (en Argentina no se disponen estadísticas).
- Cientos mas son heridos
  - Problemas del corazón
  - Pulmones inflados
  - Daño al cerebro
  - Amnesia, parálisis y quemadura al cuerpo.
  - traumatismos asociados a la carga eléctrica (movimiento involuntario).
- Perdidas de millones de dólares en propiedad
  - Ganado
  - Fuegos forestales
  - Sistemas de comunicaciones, líneas eléctricas/corriente.







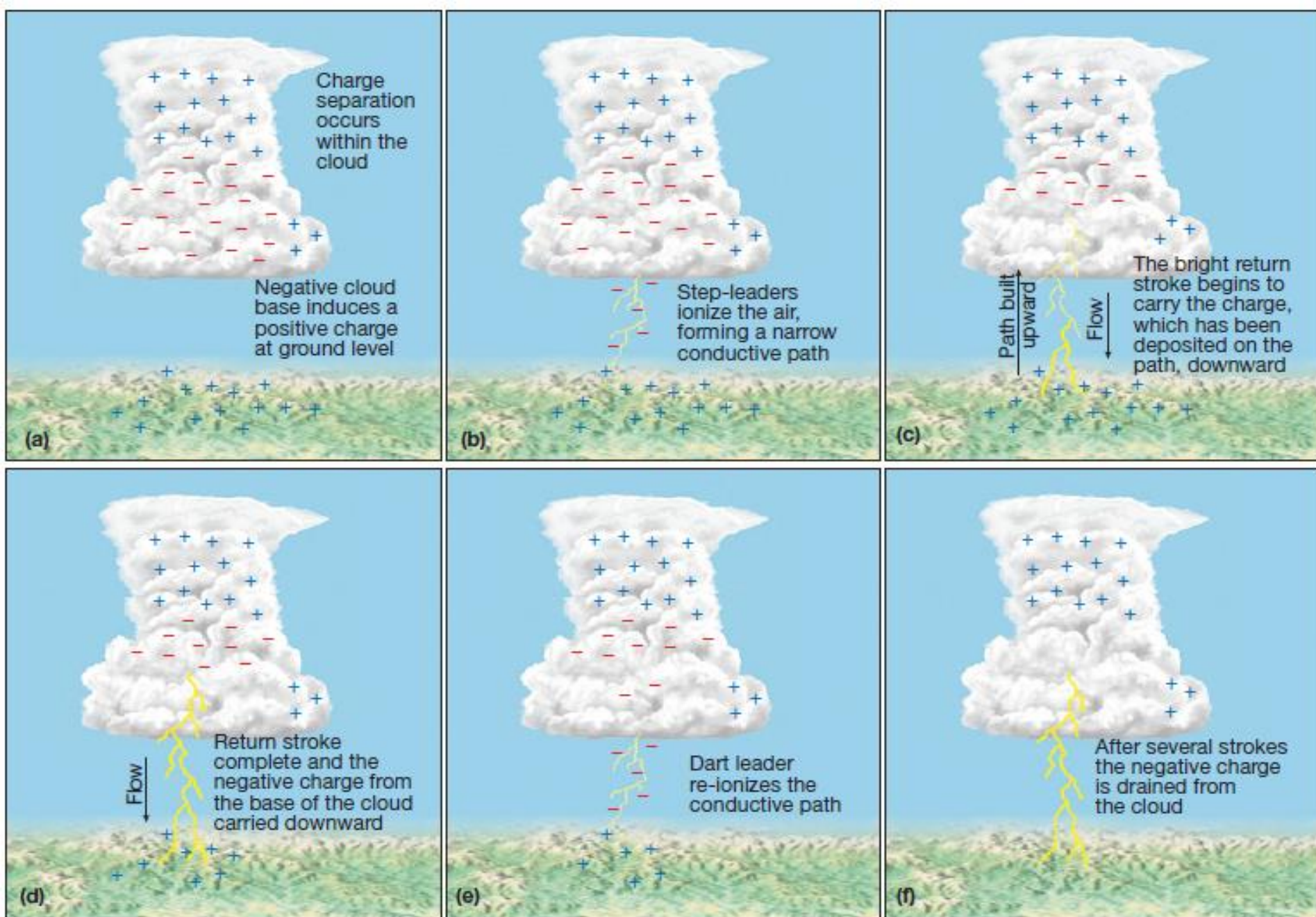




Villa Gesell, una zona con muchas victimas. Aun hoy no se cuenta con un servicio de alertas eficiente en las costas. El personal de playa solo aporta voluntad.

- La descarga de nube a tierra que viaja en trayectorias irregulares, escalonadas, primero en forma progresiva y relativamente lenta a través de las diferentes capas pobremente conductoras de la troposfera hasta llegar al suelo.
- Desde allí se produce una fase regresiva o de retorno violenta y brillante llamada también descarga de retorno viajando a velocidades de hasta 96,000 Km/h.
- La iluminación que se produce durante la descarga de retorno se le llama relámpago y puede ser observada a grandes distancias.





**Figure 10-15** Discharge of a cloud via cloud-to-ground lightning. Examine this drawing carefully while reading the text.

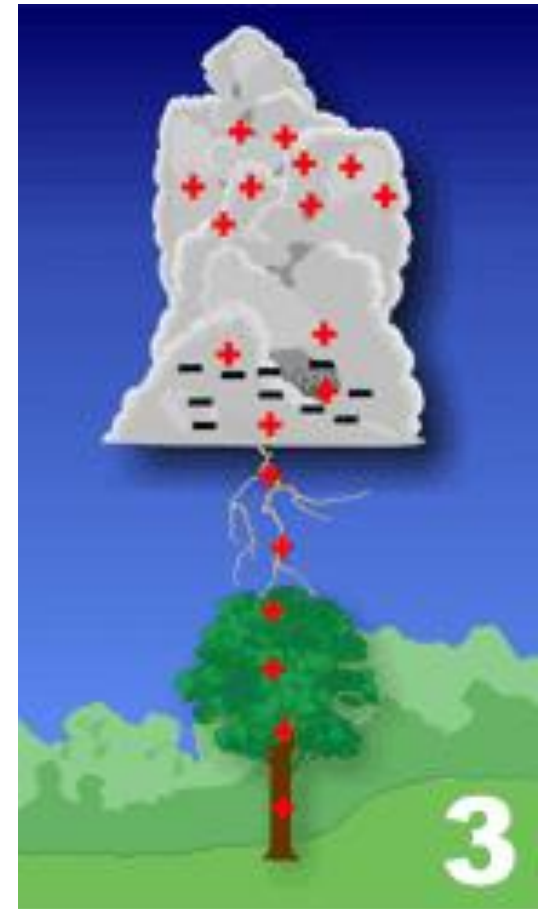
- Cuando ocurren las descargas se escucha primeramente un estruendo sordo, si están muy cerca, una explosión seca y violenta, este ruido asociado a la caída del rayo se conoce como trueno.
- El trueno es producto del calentamiento del aire a unos 25 a 30,000 °C y a la expansión del canal por donde se produce la descarga eléctrica generando una onda sonora similar a una explosión.



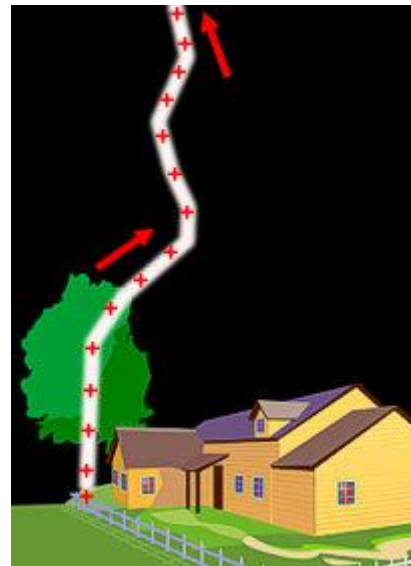
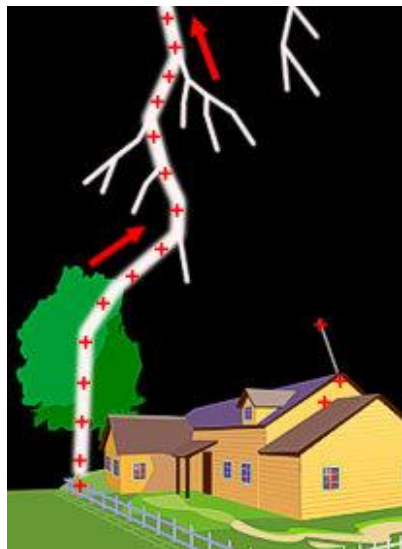
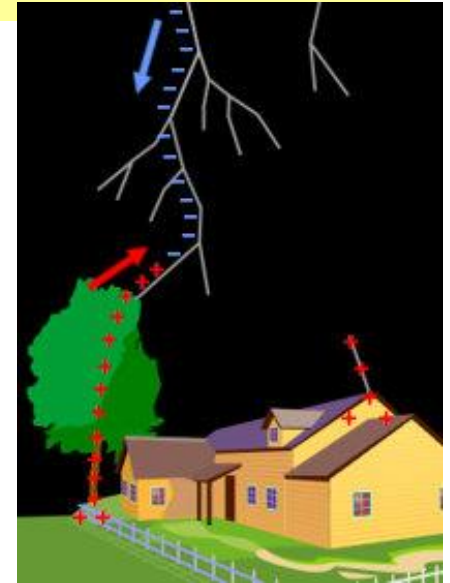


Rayo Evolución descarga electrica.mp4

# SECUENCIA DEL RELÁMPAGO



# SECUENCIA DEL RELÁMPAGO



- Normalmente grandes cargas negativas se concentran en la base de las nubes cumulonimbus y estas a su vez inducen en la superficie de la tierra una zona de cargas eléctricas positivas igual al de la nube que le acompaña como una sombra en su movimiento.
- Al desplazarse con las nubes estas cargas positivas tienden a subir por los objetos altos, como son los árboles aislados, torres, edificios altos y otras estructuras aumentando los riesgos de recibir la descarga eléctrica.

- Antes de que la descarga en escalera alcance el suelo, se originen sobre estos objetos positivamente cargados descargas brillantes.

- Cuando se establece el contacto entre las dos se abre el canal de conducción eléctrica entre la nube y el suelo, produciéndose la descarga de retorno que hemos mencionado anteriormente, llamada descarga principal para distinguirla de las próximas descargas que se van a producir.



# Algunas acciones a tomar para protección de las personas

- Cuando se observan rayos o son pronosticados dentro de un radio de 5 millas náuticas del lugar.
  - Se deben terminar operaciones en el muelle de;
    - Abastecimiento de combustible
    - Carga y descarga de personal y/o equipo
    - Se puede realizar mantenimiento o reuniones de personal dentro de galpones o hangares.
  - Desconectar equipos de computadoras no esenciales para la actividad o navegación.
  - Concluir con actividades físicas o tareas que expongan a personas a los elementos o a la intemperie, en navegación interrumpir actividades en cubierta y protegerse en el interior del barco.
  - En embarcaciones sin cabina acostarse en el piso, lejos de mástiles o salientes.

# Algunas acciones a tomar para protección de las personas.

## CONSEJOS DE SEGURIDAD PARA TORMENTAS ELÉCTRICAS

- En presencia de una tormenta severa, lo más seguro es quedarse adentro. Si está a la intemperie, busque refugio en una casa o un edificio grande o en un automóvil, de ser posible.
  - No se refugie en cobertizos o pequeños, edificios con áreas abiertas.
- Evite objetos altos que pueden atraer rayos. Manténgase alejado de árboles altos y aislados, postes de teléfono o antenas de comunicación.
- Evite también ser el punto más alto en los alrededores; no se pare sobre una colina despejada.
  - No tome un baño o ducha durante una tormenta eléctrica.
  - No utilice el teléfono a menos que sea una verdadera emergencia.
- Si comienzan los relámpagos mientras está nadando o en un bote, salga del agua.

# Algunas acciones a tomar para protección de las personas.

## CONSEJOS DE SEGURIDAD PARA TORMENTAS ELÉCTRICAS

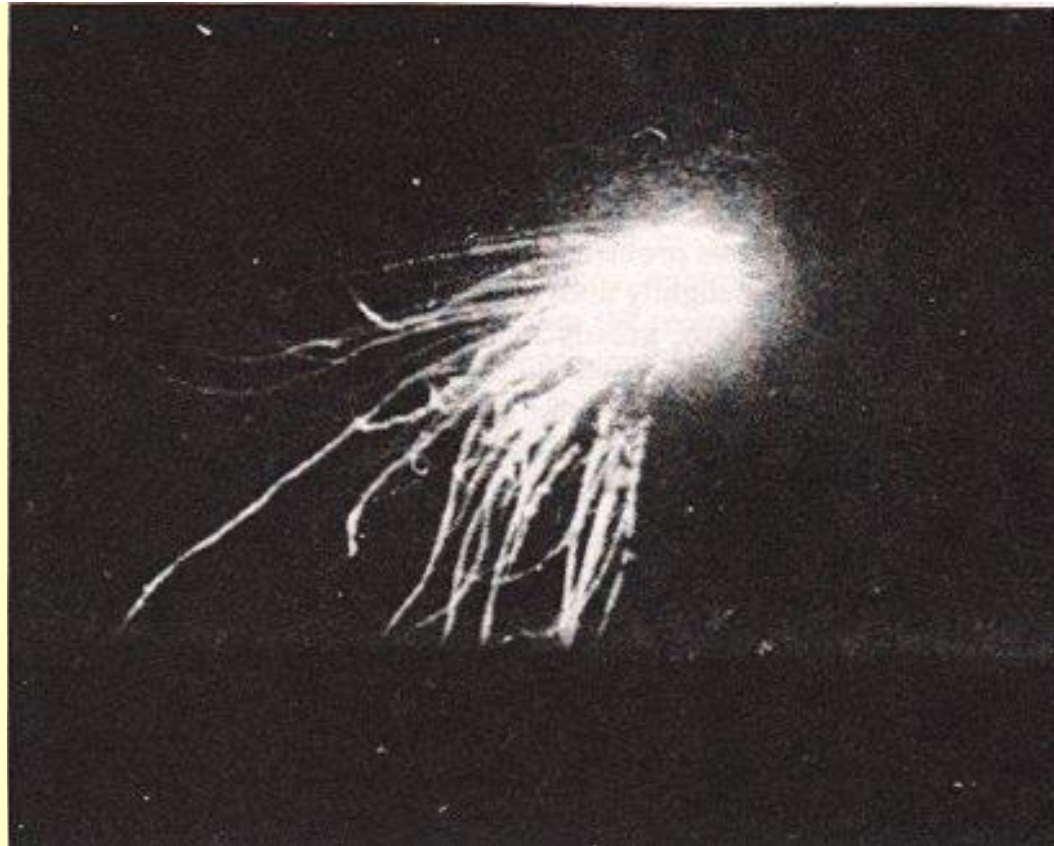
- Si está a la intemperie, evite tocar superficies metálicas y no transporte nada hecho de metal. Manténgase alejado de tuberías y cercas metálicas porque son conductores de electricidad.
- Evite también tocar equipos agrícolas metálicos o pequeños vehículos hechos de metal (como carritos de golf).
  - Manténgase alejado de las vías del tren.
- Si se encuentra afuera en un área abierta, refúgiase en un lugar bajo como un barranco.
- Si se encuentra en un área arbolada, refúgiase en un grupo denso de árboles pequeños.
  - Antes de que caiga un rayo puede que su cabello se pare. Térese inmediatamente de rodillas y haga una bola con su cuerpo, teniendo el menor contacto posible con el suelo. No se acueste a lo largo en el piso; el piso húmedo puede conducir la electricidad.

# Rayo de bola

(rayo globular, bola de fuego, coup de foudre, ball lightning, kugelblitz)

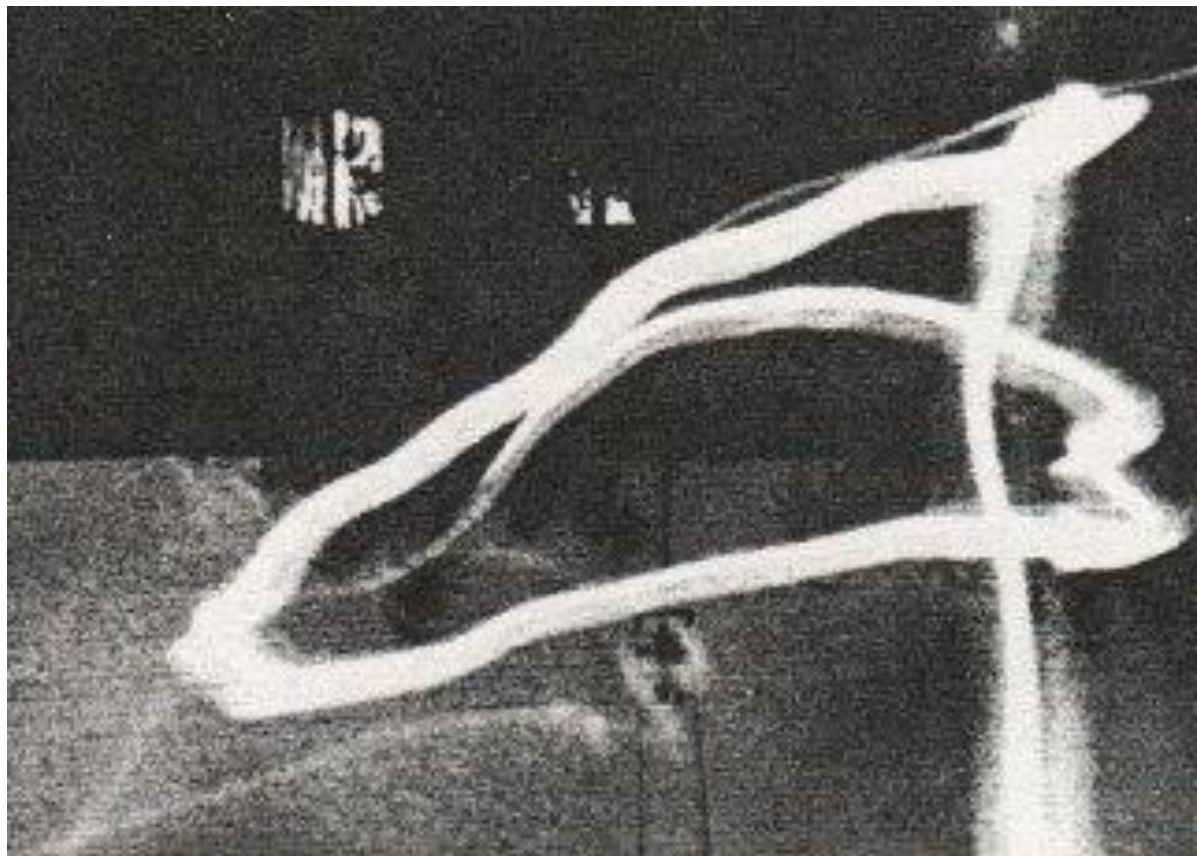
Fue aplicada a una masa globular, que avanza horizontalmente, relativamente pequeña, persistente, luminosa, ocasionalmente observada en la atmósfera y asociada a tormentas y rayos comunes.

No confundir con el **rayo collar** o *rayo bead* aplicada a las series de masas globulares, relativamente pequeñas, persistentes, luminosas y aparentemente conectadas entre sí, ocasionalmente observadas en la atmósfera y que a menudo son descritas como restos residuales de una descarga de rayo ordinario.





Este fenómeno natural extraño consiste en una **bola de fuego** que a veces aparece cerca de la descarga de un rayo ordinario durante tormentas, en la atmósfera, en movimiento casi estacionario, manteniendo su brillo, forma y tamaño durante al menos 10 segundos.



Frecuentemente, es de color naranja, amarillo, blanco o rojo, pero también puede ser verde o azul. Se desvanece suavemente o mediante una explosión. Su diámetro típico varía entre 10-40 cm, y su radiancia es inferior a 150 W. Para explicar este fenómeno se han propuesto diferentes modelos, pero ninguno ha sido aceptado como totalmente válido

Se ha observado, que a veces, los rayos en bola se acercan a los cables de alta tensión, y luego se mueven a lo largo de ellos.

Su apariencia está en contraste con los rayos habituales de una tormenta, pues, a menudo, se mueven en una trayectoria cercana a la superficie de la tierra a baja velocidad, pueden permanecer estáticos momentáneamente o cambiar repentinamente de dirección en el transcurso de su movimiento.

Contrariamente a lo que ocurre con los rayos normales, los rayos bola existen durante un tiempo prolongado, que va desde pocos segundos hasta, incluso, minutos.

En ocasiones, el rayo en bola decae repentina y silenciosamente, sin embargo, otras veces, el decaimiento es violento, mediante incluso una explosión, que puede desplazar y dañar a seres vivos y objetos.

# Fuego de San Telmo, Saint Elmo

A lo largo de la Historia, innumerables marinos afirmaron ser testigos de la aparición de lenguas de fuego incandescente, que “danzaban” sobre los mástiles y extremos de la arboladura de los navíos durante ciertas tormentas.

*Descargas, Fuego de San Telmo.  
Cutty Sark, Greenwich, Londres.*



Son bolas, flashes o colas luminosas, descargas eléctricas que se producen durante las tormentas desde los objetos más elevados de una embarcación.

El Fuego de San Telmo no resulta peligroso en sí mismo a pesar de su espectacularidad, muchas veces funciona como el aviso de la caída inminente de un rayo sobre los barcos, por lo que históricamente ha sido considerado de mal agüero por los navegantes.

- El fuego de San Telmo se observa con frecuencia en los mástiles de los barcos durante las tormentas eléctricas en el mar, donde en tales circunstancias también era alterada la brújula, para mayor desasosiego de la tripulación.
  - También se da en aviones y dirigibles.
- Se cuenta que el fuego de San Telmo también puede aparecer en las puntas de los cuernos del ganado durante las tormentas eléctricas y en los objetos afilados en mitad de un tornado, pero no es el mismo fenómeno que el rayo globular, aunque pueden estar relacionados.
- En la Grecia antigua, la aparición de un único fuego de San Telmo se llamaba, Helena y cuando eran dos se les llamaba Castor y Polux.



## Otra fuente, española que opina del tema

También podemos dotar al barco con un sistema de pararrayos, **que debe ser instalado por un especialista y cumplir unos requisitos mínimos**, tras los correspondientes cálculos y simulaciones en función de la instalación del barco; distribuir adecuados supresores de sobretensiones repartidos estratégicamente en diferentes puntos:

La resistencia total desde el pararrayos hasta la placa debe ser inferior a 0'03 Ohms.

- La trayectoria debe ser directa y sencilla, evitando conexiones o curvas y ángulos en el elemento conductor.
- La placa de descarga, en contacto con el agua, debe ser de superficie no inferior a 0'2 m<sup>2</sup> y más de 4mm de espesor.
- Las partes metálicas interiores se conectarán a la placa de descarga (motor, partes metálicas del timón, etc).
- **En cualquier caso no es aconsejable la instalación de "pararrayos de fortuna" tales como instalar una cadena desde los obenques al agua.**

# Otra fuente, española que opina sobre el tema

Estos sistemas aumentan el riesgo de ser alcanzados por la descarga mientras realizamos la instalación y, en caso de descarga, podrían provocar daños importantes en el casco al no contar la cadena con un material aislante.

Un pararrayos protege una superficie igual volumen de un cono con un ángulo de  $60^\circ$  desde su vértice.

En el caso de los veleros, es suficiente para proteger toda la embarcación, sin embargo en el caso de barcos a motor, no existen puntos suficientemente altos para proteger la totalidad.

**Los disipadores estáticos son la alternativa al pararrayos convencional en barcos a motor.**

El disipador está formado por una serie de puntas dispuestas de manera radial alrededor de un punto, que emiten iones a baja intensidad, lo que evita la formación de cargas estáticas a bordo, evitando que el rayo Descargue sobre el barco.

Mientras que el pararrayos “conduce” el rayo, el disipador evita que éste descargue, si no totalmente, sí en parte, disminuyendo de manera notable sus consecuencias.

# Otra fuente, española que opina del tema

## Consejos en caso de tormenta eléctrica

Tanto si se cuenta con una instalación de pararrayos como si no, en caso de tormenta eléctrica es aconsejable:

- No permanecer en cubierta
  - No tocar puntos metálicos de la embarcación o conectados a la instalación eléctrica: obenques, guardamancebos, barandillas, nevera...
  - Permanecer tumbado en el punto más bajo de la embarcación
  - Desconectar todos los aparatos eléctricos.

En caso de ser alcanzados por un rayo, y previa atención a la salud de las personas, inspeccionaremos, en primer lugar el casco en busca de posibles vías de agua.

Debemos también inspeccionar toda la jarcia, especialmente los stays y obenques con especial atención a sus enganches con el mástil de aluminio y con la cubierta.

Comprobaremos todas las conexiones eléctricas y haremos prueba de cada equipamiento en busca de posibles averías.

# 1.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

- El pararrayos es un equipamiento esencial de seguridad.
- Por otro lado no siempre los barcos vienen equipados de fábrica con pararrayos.
- Se define al relámpago como la luz emitida por un rayo.
- Se vieron rayos de tormentas distantes a mas de 20 Mn de distancia que afectaron embarcaciones.
- Puede llegar a ser una descarga de corriente media de 10.000 amperes, esa descarga a tierra o agua, se desplaza a una velocidad de 60.000 Mn/seg.



## 2.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

- El tiempo de transferencia de semejante energía es muy pequeño y el hecho de encontrar resistencia en su camino, un barco, produce daños en general severos
- El rayo siempre procura el camino mas corto entre y directo hacia la tierra o agua destruyendo todo lo que le ofrece resistencia.
- El camino mas obvio en el mástil de aluminio, si el mástil no tiene una muy fuerte y directa conexión hacia el agua por la quilla de hierro, o placa de cobre, esa monstruosa corriente se ramifica por todos lados.
- El rayo llegara a todo el sistema eléctrico del barco, radio, alternador, motor de arranque, fundirá la batería además de los instrumentos y bombas eléctricas y el compás.

### 3.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

- En su implacable camino hacia el agua podrá seguir por el eje de la hélice o por una salida al casco como ser la ecosonda haciendo en este proceso un rumbo que inundara el barco siempre y cuando se tenga la enorme fortuna que no afecte a las personas.
- Un verdadero caos acompañado además por un fuerte sonido y por un intenso olor a ozono.
- En un barco de fibra pueden quedar cabos incandescentes, carbonizar laminados interiores o del casco generando gases extremadamente tóxicos y peligrosos.

## 4.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

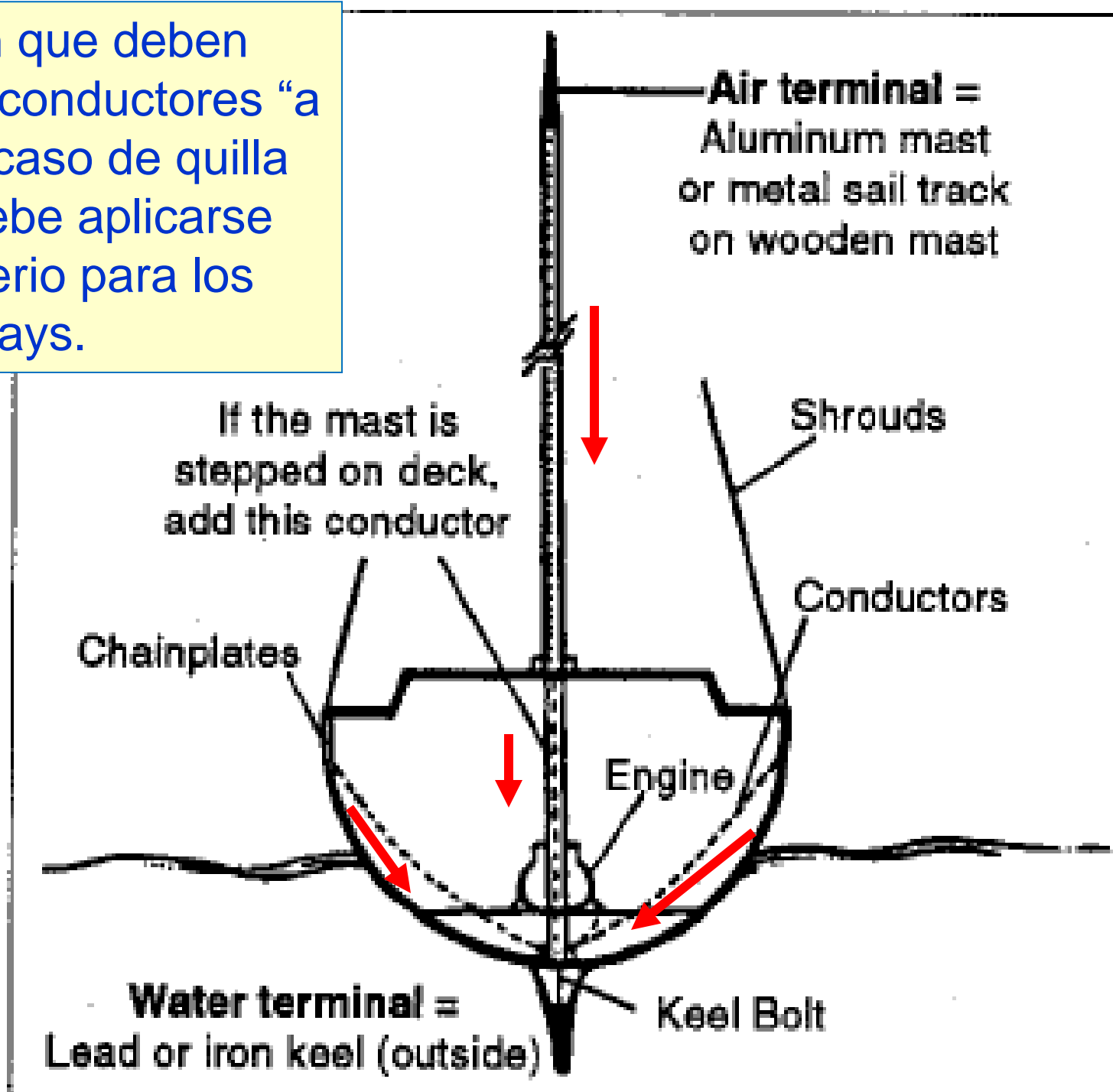
- A esta altura estarán pensando en vender el barco sin hablarle de los rayos al futuro comprador, esperen vean lo que sigue;
- Veamos la estadística; En EEUU son alcanzados por rayos entre 30 y 100 barcos por año.... Y tienen millones de ellos.
  - Aun queriéndose proteger no existe un sistema totalmente garantizado. Los cascos de aluminio o acero naval llevan ventajas por ser mejores conductores que el plástico laminado.
- De acuerdo con las recomendaciones de la ABYC, *American Boat and Yacht Council*, lo ideal sería un pararrayos en el tope del mástil (palo mayor) con conexión directa al agua.
- El rayo pasa por la parte externa de un conductor esto hace que el mástil o palo mayor de aluminio hueco sea equivalente a una barra sólida por lo tanto un excelente conductor.

## 5.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

- El tope del palo maestro debe ser conectado directamente a la quilla de hierro o plomo (no sirve si la quilla esta encapsulada en fibra).
- Cuando esto no sea posible, debe tener un conductor de diámetro AWG nº 4. conectado a la base del mástil, de forma más directa posible, sin ángulos agudos, con suaves curvas, lo mas directo a una placa de cobre de puesta a tierra, en el exterior del casco sumergida en el agua.
- Esa chapa debería ser usada solo cuando la quilla no es adecuada o en lanchas, Debería tener un mínimo de 280 cm<sup>2</sup>.
- Existen chapas especificas para ese fin, de material poroso con un espesor aproximado de 1 cm. que equivalen a una superficie de cobre mucho mayor.



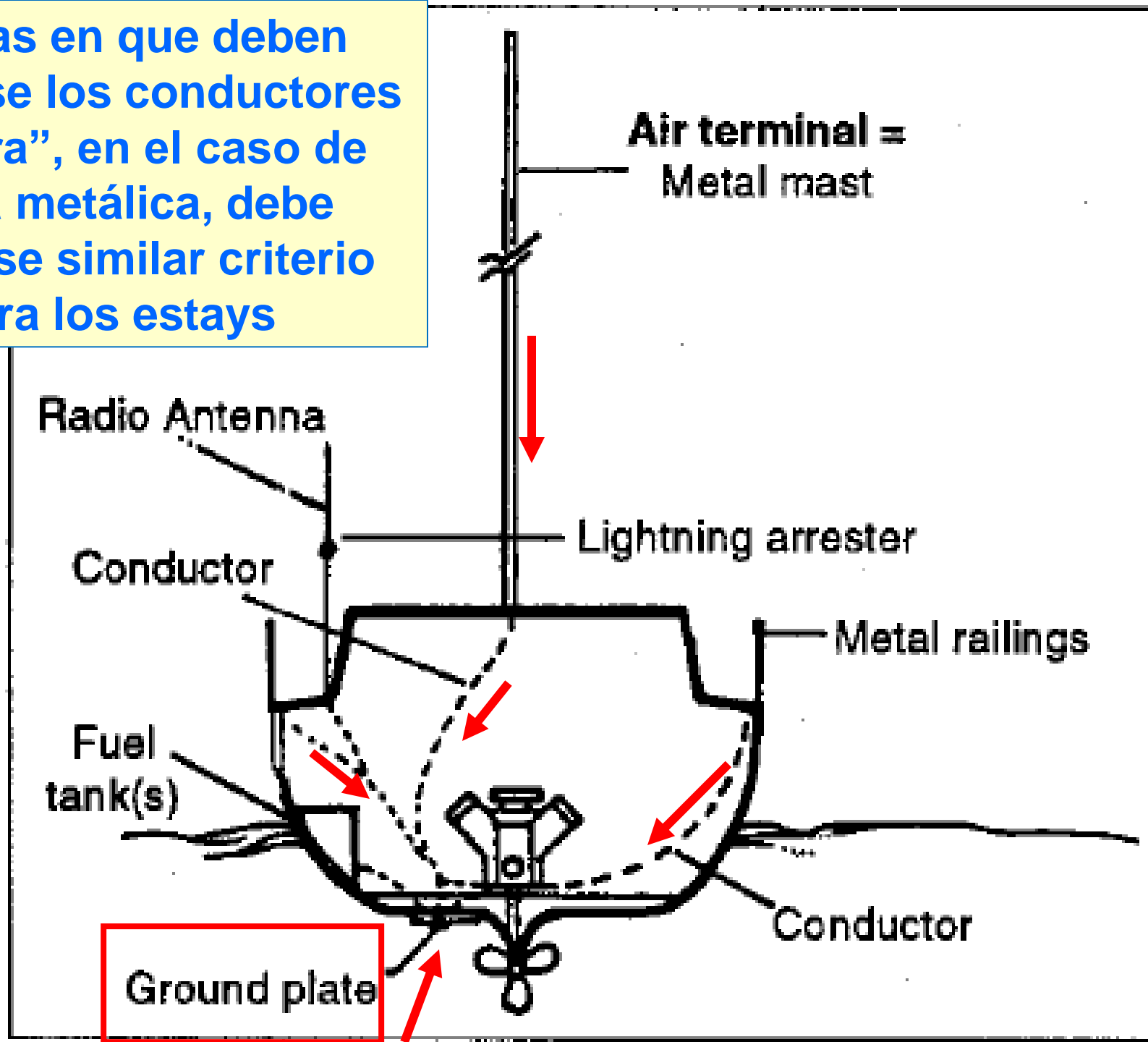
Formas en que deben instalarse los conductores “a tierra” en el caso de quilla metálica, debe aplicarse similar criterio para los estays.



## 6.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

- Un mástil de madera o fibra necesita un cabo conductor AWG nº 4.
- Es importante que se cree un vínculo de servicio que conecte todas las partes metálicas de abordo, en conjunto, incluyendo púlpitos de hierro o de lastre de plomo, motor, depósitos de metal, etc. Tenga en cuenta también que el ascensor se topping de nylon no, cable de acero.
- En consecuencia, el barco estaría protegido en un 99,9% en un cono de protección de 45 grados desde el mástil.
  - Y las lanchas con un cono más abierto de 60 grados, la protección sería de 99%.

Formas en que deben instalarse los conductores “a tierra”, en el caso de placa metálica, debe aplicarse similar criterio para los estays



## 7.- Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

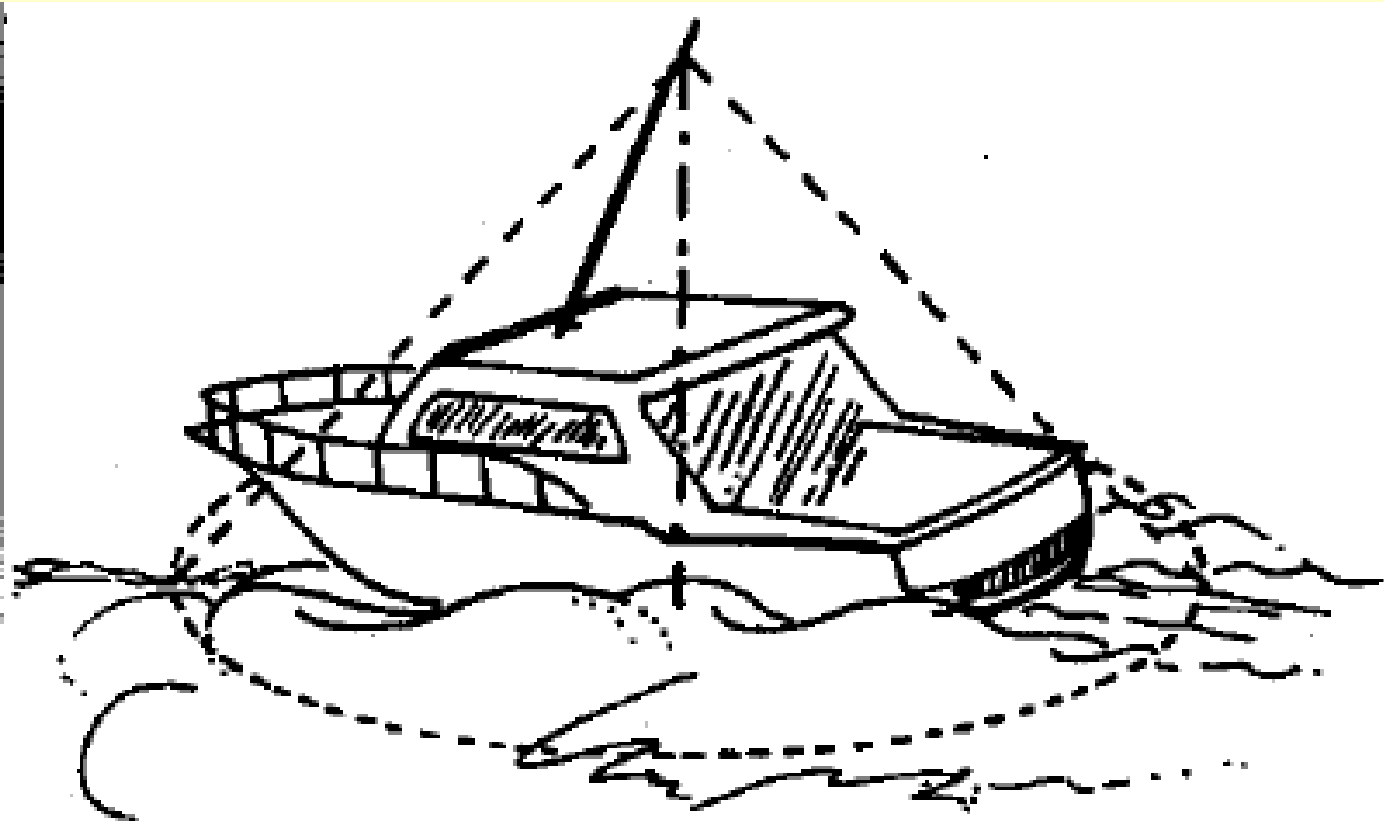
- Cuando el rayo golpee (impacto directo) seguramente habrá algunos daños menores, principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Cuando se trata de una descarga estática debido a las condiciones de atmósfera cargada o por el impacto de un rayo cercano, las condiciones son más favorables.
- De lo anterior podemos concluir que la protección total y completa es solo una ilusión.
- La radio debe estar apagada, la antena, el micrófono y la electricidad desconectada y no volver a transmitir antes de rehacer toda la conexión, lo que sin duda podría dañar el transceptor.



Cono de protección para el caso de cruceros de casco plástico.

El radio del círculo es igual a la altura del mástil donde se incorporo la descarga al agua (tierra).

En general es válido para mástiles de 15m de altura o mas con respecto al agua.



## 8.-Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos

Que se debe hacer si no se tiene el barco totalmente protegido??

- En primer lugar, tener un poco de fe en las estadísticas.
- Después sería recomendable poner a tierra las partes metálicas importantes, la prioridad número uno es la conexión directa del mástil a la quilla (o tierra de placas).
- Se debe hacer todo lo que es razonablemente posible. Uno de los puntos más críticos son las fusibles en los mamparos y en cubierta, sin conexión con la quilla.
- El rayo, o una ramificación, va por los fusiles, de aquí pasa al agua, dejando a su paso y las virutas de madera o fibra de carbonizadas, causando enorme daño y posiblemente un agujero en el casco.
- Nunca se pare cerca del mástil o apoyarse en el púlpito de proa o de popa.
- Durante una tormenta eléctrica, es el lugar más seguro dentro de la cabina. sobre todo, no tocar nada de metal.

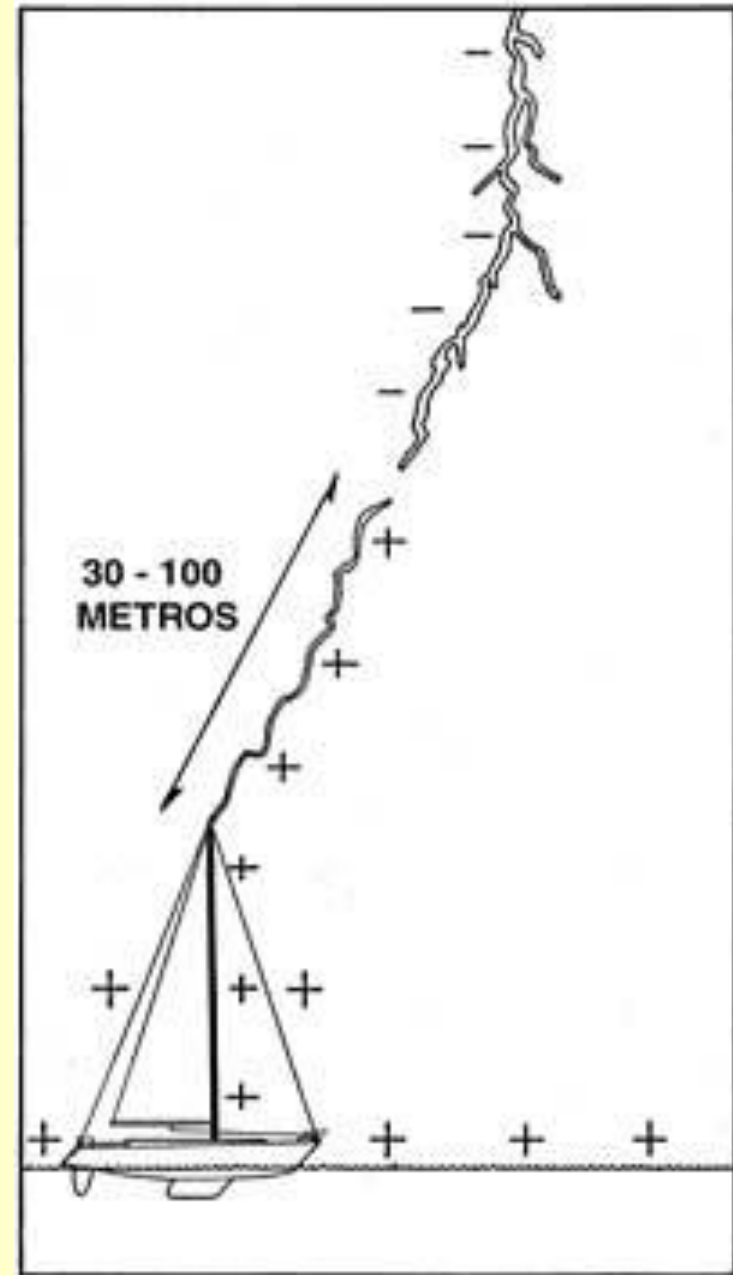
## 9.-Algunos comentarios sobre los efectos de las descargas eléctricas, Rayos, sobre los barcos (2)

- Ducharse durante una tormenta eléctrica es desafiar las estadísticas y la suerte.
- Otro riesgo potencial es la vela húmeda, que tiene características de un buen contacto. *(sobre todo si no tiene el habito)*
  - Una punta afilada en la parte superior del mástil será de la ayuda?
  - El propio mástil ya es eficiente, una punta será una sofisticación.
- Cuando un conductor tiene un borde afilado, gran parte de su carga pasará a través de esa línea.
- Los iones presentes en el aire adyacente se aceleran en gran medida, la creación de más iones, efecto de impacto acumulativo.
- Esta condición puede estar acompañado por una nube azul alrededor de la punta, llamada corona.
- A pesar de que todavía hay un cierto desacuerdo sobre el efecto de la corona, la más extendida es que el aire ionizado alrededor de la punta atraerá sobre si un rayo, que podría llegar a otros objetos cercanos.

Las descargas típicas empiezan a una altura de aproximadamente 9.000 m. sobre el agua y, para mayor precisión, dentro de una región de la tormenta que se carga negativamente.

El canal o conducto para la descarga del rayo, comienza a formarse en ese punto y las cargas negativas se dirigen a tierra por una sucesión característica de tramos rectos.

Cuando la punta de esa descarga que se aproxima a tierra, se halla entre 30 y 100 metros del nivel del suelo, otra descarga se eleva a su encuentro, esta vez positiva.



a 1 - Caída del rayo sobre un velero





### **Lightning Master.**

Disipador de estática que disminuye la posibilidad de caída de un rayo.

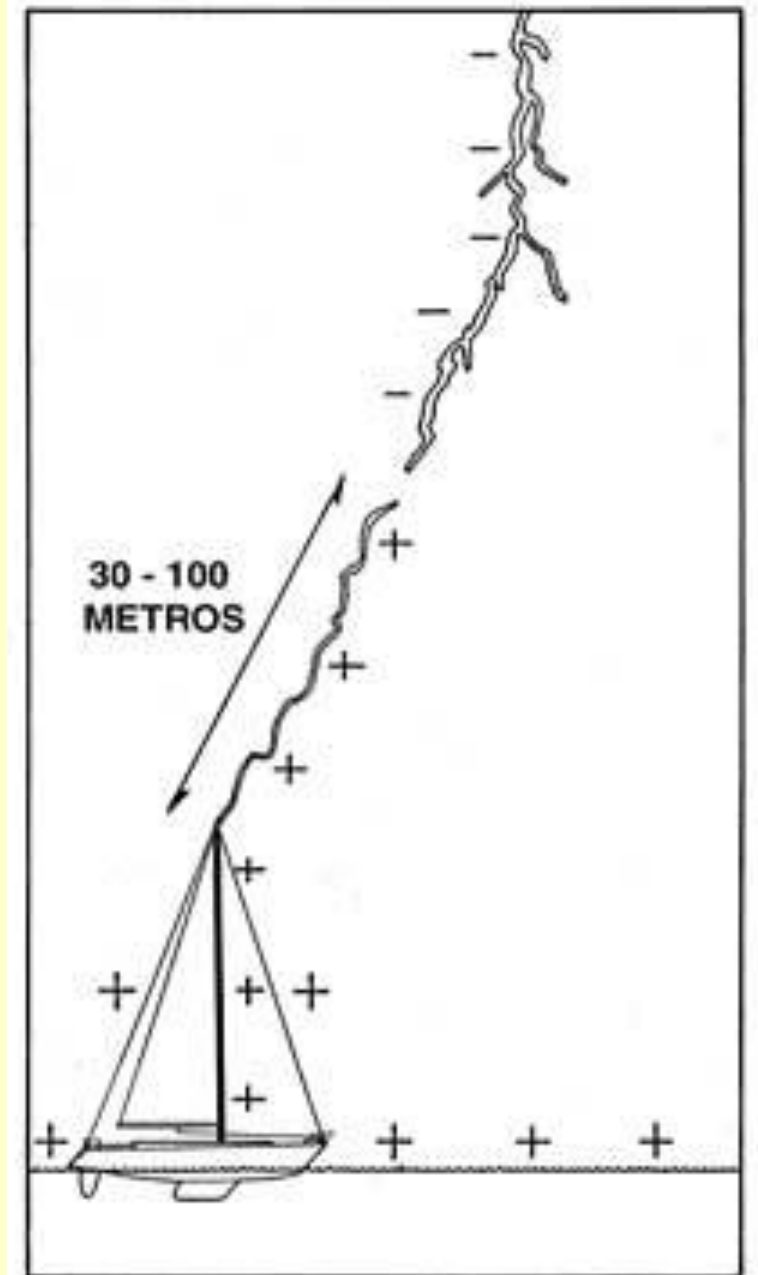
Controla las condiciones que desencadenan las descargas directas (es decir, reducen la acumulación de carga estática del suelo y retardan la formación de los "streamers" de iones que completan la ruta de acceso para un rayo).



En el momento del choque de dichas descargas, la corriente llega a su valor pico instantáneo, a menudo entre diez mil y centenares de miles de amperes.

Dicho valor perdura sólo un millonésimo de un segundo, pero durante tiempos bastante mayores (en la corta escala de tiempo del rayo), se mantiene todavía una transferencia de cargas de unos mil amperes.

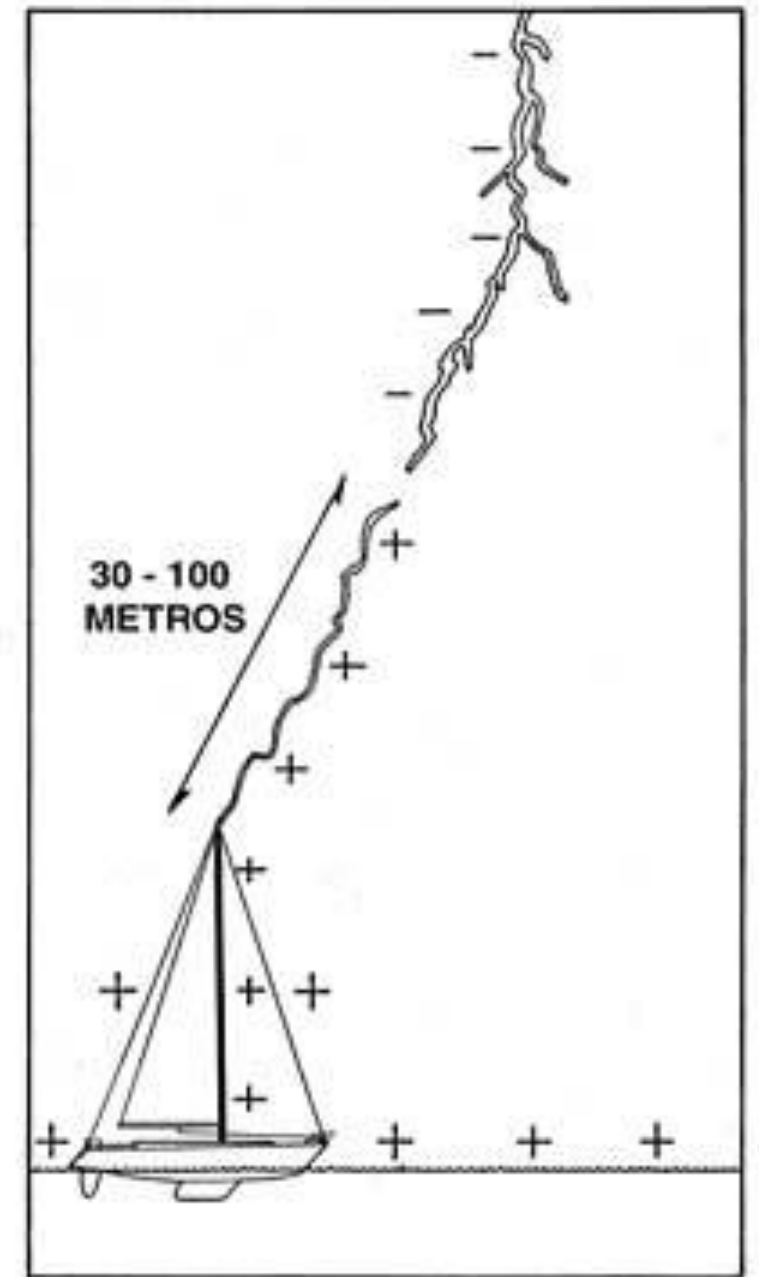
Estas corrientes más duraderas son las responsables de efectos térmicos destructivos, tales como la generación de incendios.



Caída del rayo sobre un velero

En el entorno del canal de conducción, se registran temperaturas aproximadamente seis veces mayores que la del Sol. Esto ocasiona que el aire circundante al canal literalmente explote, con el efecto sonoro que conocemos como trueno.

A medida que el chorro de carga negativa se aproxima al suelo, en la tierra o en el agua se induce una carga positiva desde abajo, que intenta alcanzarla

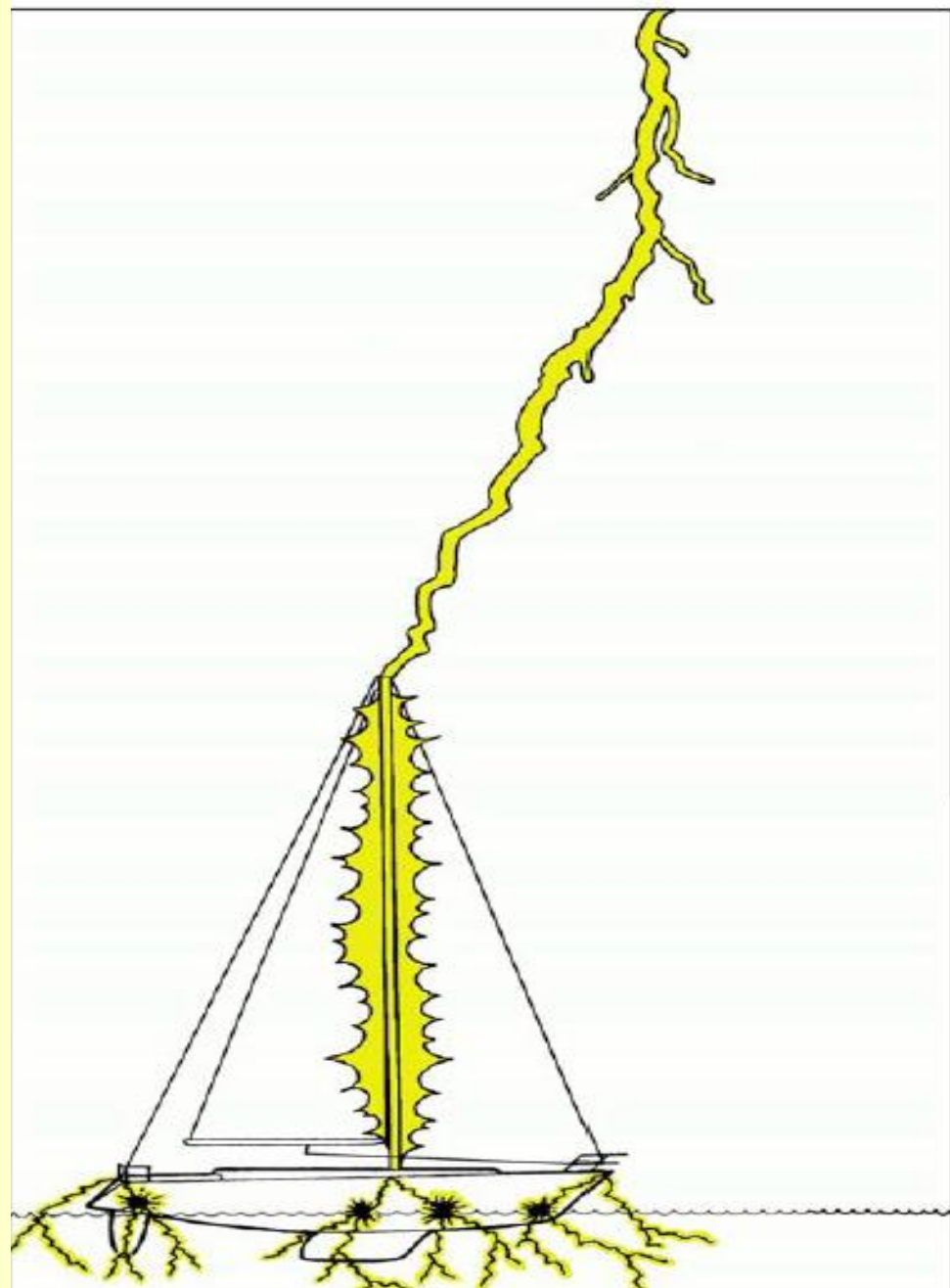


- Caída del rayo sobre un velero

Esta chispa cargada positivamente, es el proceso crucial en lo que al impacto sobre el barco se refiere. Si el proceso se inicia en la punta del mástil, el rayo golpeará el mástil en ese punto.

La Figura muestra lo que puede pasar cuando el rayo alcanza el mástil de un barco de fibra de vidrio que no cuenta con una buena conexión "a tierra", donde no existe ningún camino dirigido para encauzar las cargas hacia el agua.

El resultado son las chispas destructivas que se generan entre las más bajas partes del aparejo y el agua.

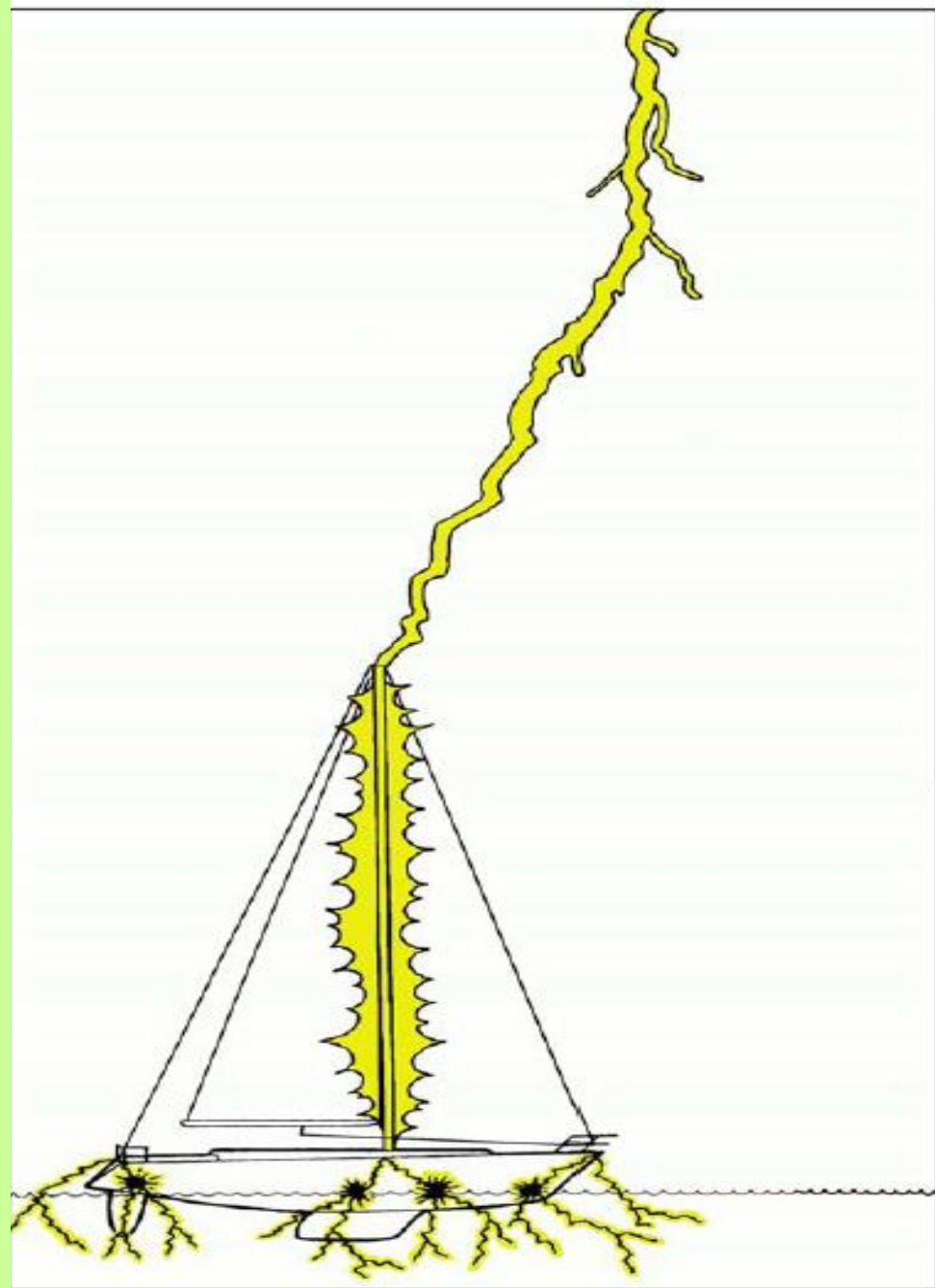


***Posibles efectos del pasaje del rayo a través del barco***



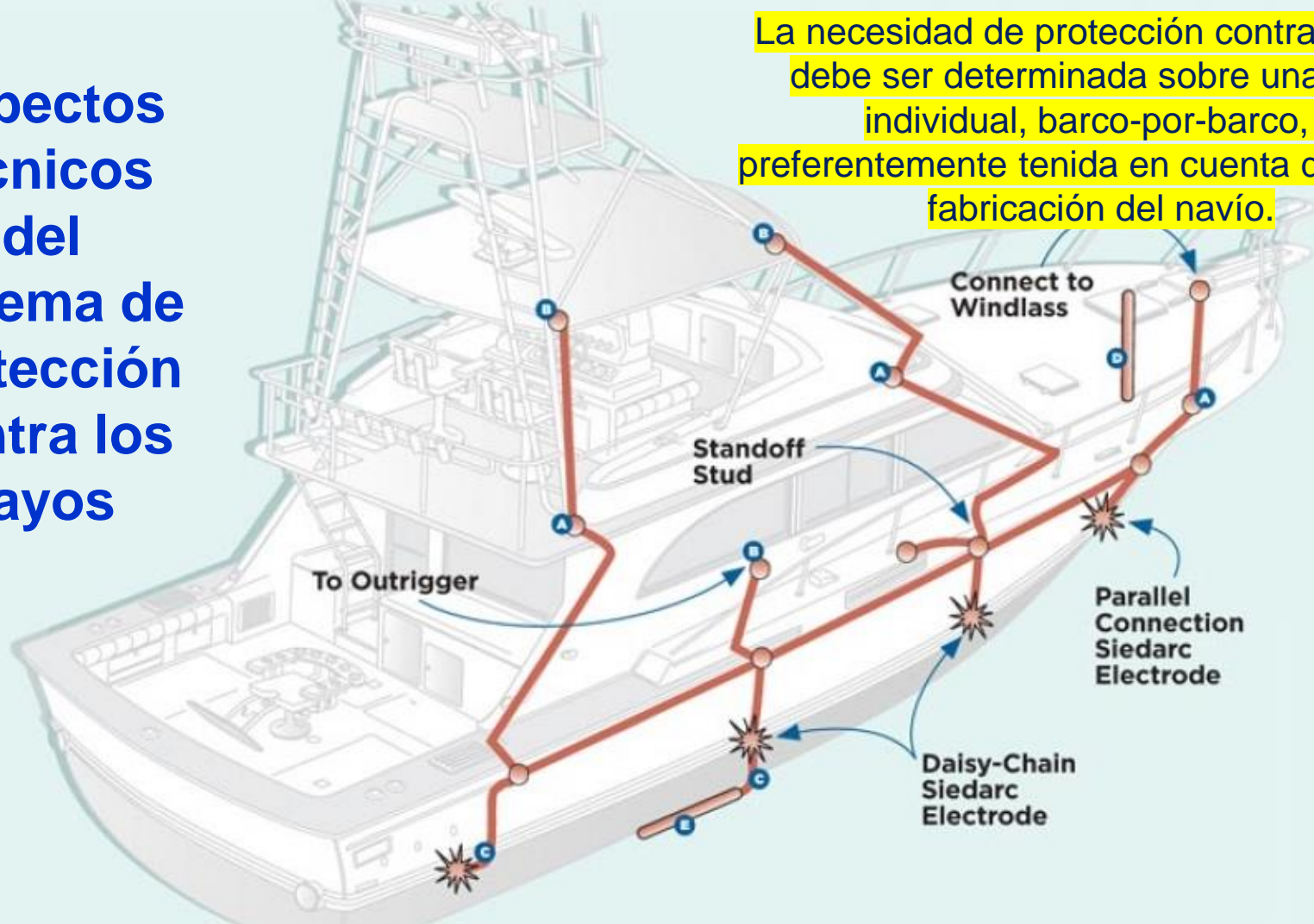
Dondequiera que estas chispas penetren a través de los malos conductores (por ejemplo, el casco de fibra de vidrio), generará calor suficiente para hacer explotar el material.

Un barco protegido es un barco en el que existe un excelente camino continuo de conducción entre la punta del mástil y el agua.



# Aspectos técnicos del sistema de protección contra los rayos

La necesidad de protección contra el rayo, debe ser determinada sobre una base individual, barco-por-barco, y preferentemente tomada en cuenta durante la fabricación del navío.

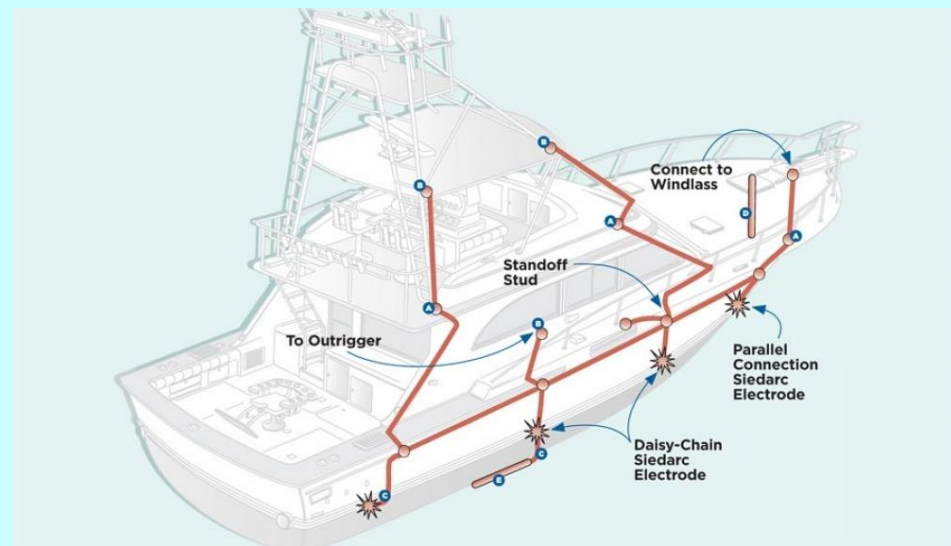


Sin embargo, hay tres consideraciones principales para un eficiente sistema de protección, ellas son;

- La conexión principal "a tierra",
- Las conexiones laterales,
- y la protección de la electrónica del buque.

# Aspectos técnicos del sistema de protección contra los rayos

- Se considera que el sistema conectado "a tierra" debe proporcionar un camino adecuado desde el punto de impacto del rayo, normalmente el tope del mástil, hasta un sistema de disipación constituido por buenos conductores en el agua.
- El sistema de las vinculaciones laterales, protege principalmente a la tripulación y consiste en conductores que sirven para poner a masa los montajes de metal grandes, para que entre ellos no puedan desarrollarse voltajes importantes.
- Los límites de protección del instrumental electrónico exigen una combinación de dispositivos para la prevención contra voltajes transitorios y de técnicas esmeradas de instalación eléctrica.



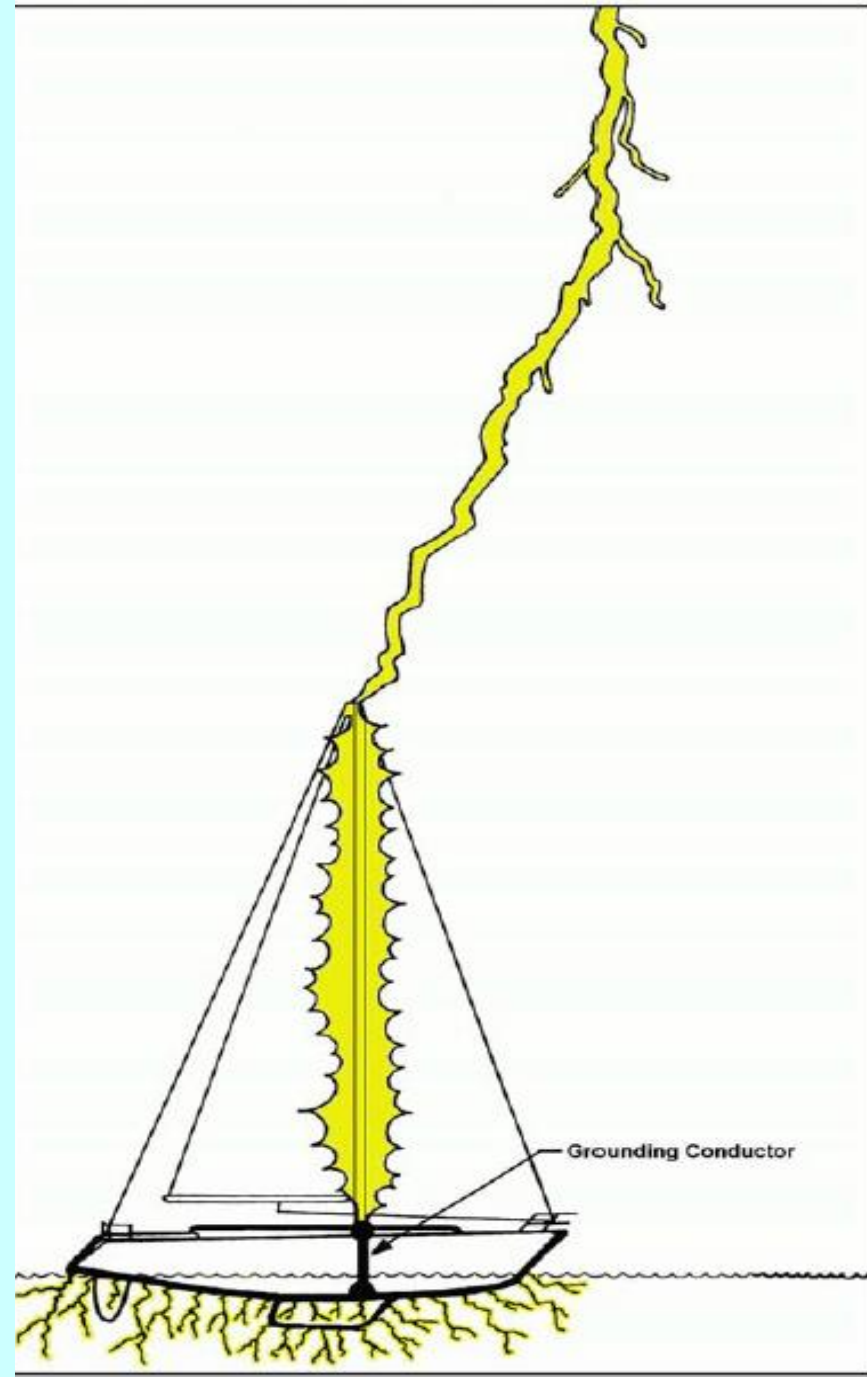
# Conexión "a tierra"

La idea del sistema conectando "a tierra" es desviar el rayo mediante un camino predeterminado, para que éste no siga su propio camino explosivo a través de la fibra de vidrio, la madera, los miembros de la tripulación, etc.



En la Figura se ilustra la manera en que reaccionará un navío puesto "a tierra" de la manera correcta.

La corriente del rayo, fluirá por donde corresponda y no aumentará hasta el punto en que puedan formarse chispas destructivas, como era el caso anterior.

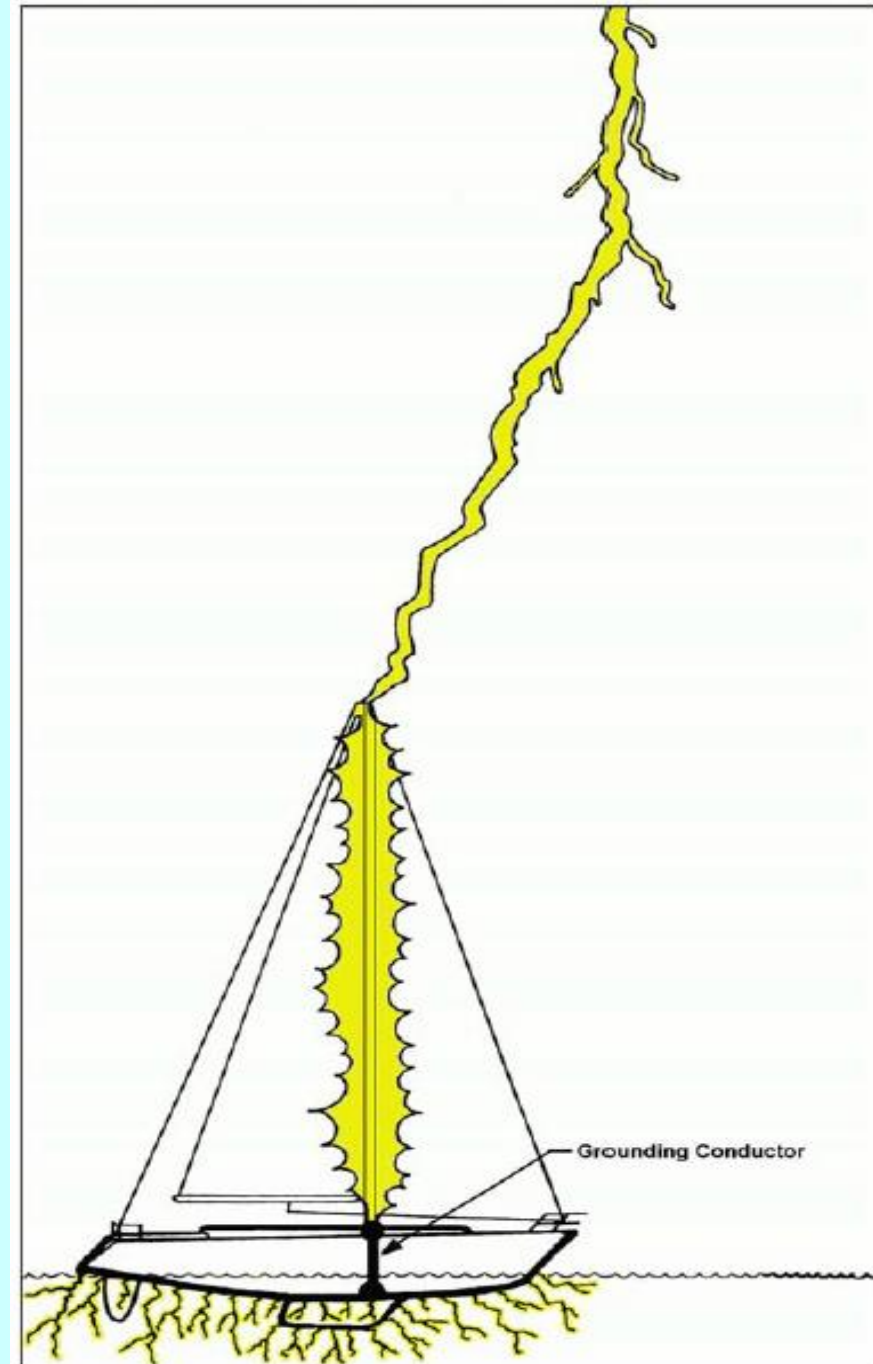


# Conexión "a tierra"

En cambio, se descargará en el agua sobre una superficie ancha. Digamos que, cuanto más uniformemente pueda descargarse en el agua, tanto más se reducirá la posibilidad que ello ocurra a través del casco del barco.

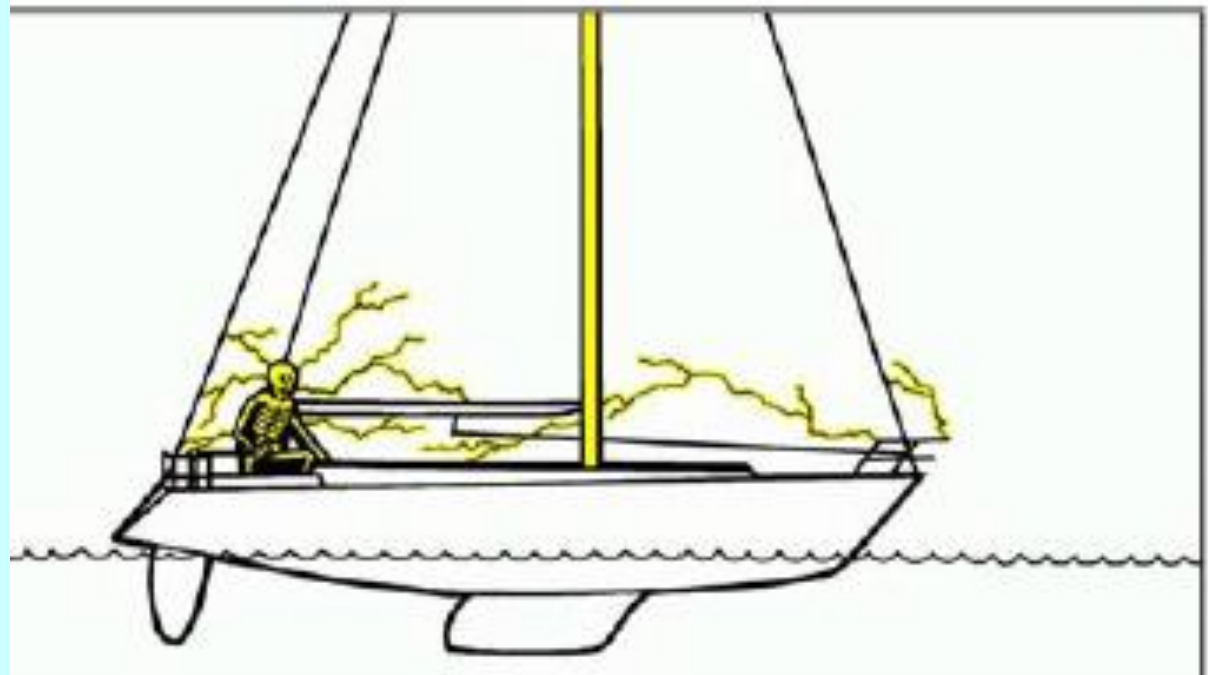


**El timón es un lugar particularmente peligroso y el timonel debe tener mucho cuidado de no tocar con sus manos, objetos metálicos que se hallen a potenciales diferentes.**





La Figura muestra que le ocurriría al timonel del barco durante la caída de un rayo, tanto en el caso de no contarse con una protección secundaria, como en el caso de disponerse de una protección realmente completa.



## Protección de la electrónica del navío

Resulta por demás difícil, proteger el instrumental electrónico de un barco a velas pequeño, cuando éste es alcanzado por un rayo.

La razón principal es el hecho que puede introducirse un sobrevoltaje a través de cualquier conductor y en cualquier parte del navío.

Por lo tanto, es casi impracticable pretender mantener la electrónica libre de corrientes inducidas.

Es importante instalar el dispositivo de protección inmediatamente al lado del equipo que desea proteger, y cada componente del equipo debe tener su propio dispositivo.

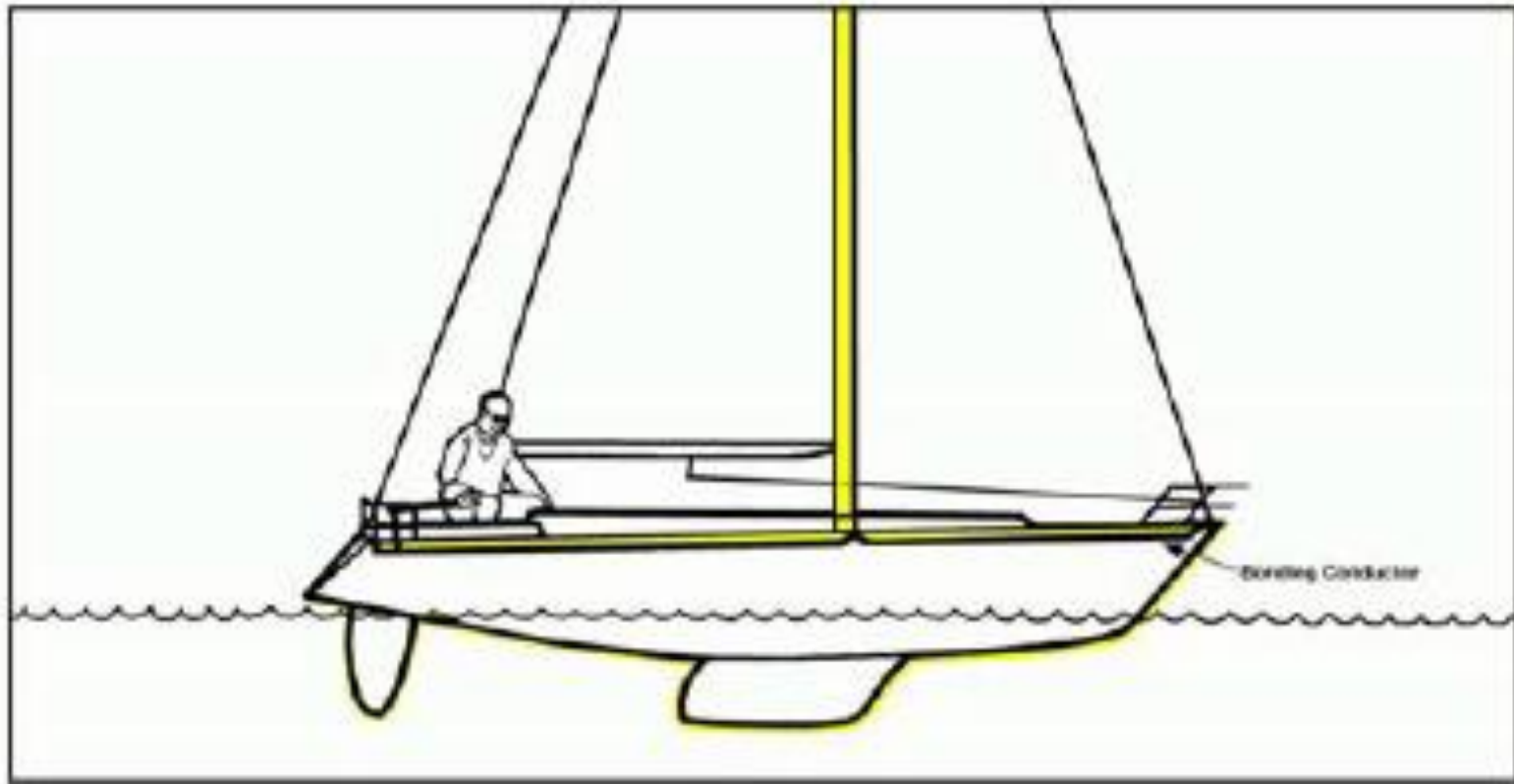
# Seguridad personal

- Consideremos ahora el peor caso: un barco a velas pequeño en agua dulce.
  - A pesar de que al barco se le ha instalado un sistema de protección bien construido, todavía así subsiste una situación de sumo riesgo.
  - Pero si la protección contra el rayo no existe, la situación es directamente de amenaza de muerte.
- En ambos casos, las áreas a evitarse serán las ubicadas cerca del nivel del agua y de los montajes grandes de metal.
  - En un barco indefenso, hay además, una zona adicional de peligro por debajo del mástil.
- En ambos casos, será muy imprudente navegar, ya que si el rayo cae cerca del barco será muy probable la electrocución.
- No hay ningún lugar seguro, de hecho, en un barco de velas pequeño sin protección, pero aún en un barco protegido, sólo se dispondrá de una seguridad relativa.
  - Sin embargo, hay algo mucho más peligroso que un barco de vela sin protección, sería el caso de un bote abierto sin mástil.
- Todos los años, se registran muertes múltiples de remeros causadas por rayos, en botes abiertos.

# Conclusiones

En un barco de vela, la protección del buque frente al rayo significa provocar el desvío del recorrido de la descarga, en dirección al agua sin causar ningún daño al casco, lesiones personales, ni daño del instrumental electrónico.

Se sobreentiende que de no existir mástil ni vela, la función de protección será asumida en ese contexto, por una antena elevada.



# Conclusiones

Este concepto general de protección, implica proporcionar un camino conductor continuo, principalmente vertical y desde una altura bastante superior a cualquier elemento sensible, hasta alcanzar ciertos conductores sumergidos en el agua (el punto de conexión "a tierra").

Además, se debe combinar dicho conductor esencial, con una red de conductores interconectados, principalmente horizontales, que vincule todos los montajes de metal grandes.

Se requieren también, supresores adecuados de corrientes transitorias en cada pieza del equipo electrónico, y sobretodo, adoptar las medidas sensatas de protección personal.

