

Capítulo 12.

Peligros meteorológicos – rayos y granizo

- 12.1 El rayo
- 12.2 Tipos de rayos
- 12.3 Fenómenos asociados al rayo
- 12.4 Efectos de los rayos sobre las aeronaves
- 12.5 Instrumentos de detección
- 12.6 Casos de impacto de rayo en la fac
- 12.5 Impacto con hielo

El impacto con rayos y granizo contribuye al 8 % de los accidentes aéreos a nivel internacional producidos por fenómenos meteorológicos (Moreno y Gil, 2003). En la Fuerza Aérea Colombiana los rayos han causado varios incidentes que van desde daños en las antenas y fuselaje, hasta el apagado de dos motores, como en el caso del A-37 FAC 2180 el 8 de agosto de 2008.

12.1 El rayo

Es el fenómeno meteorológico producto de las diferencias de potencial eléctrico entre dos puntos, en donde desde la carga negativa se transfieren millones de electrones al punto cargado positivamente. En otras palabras, el rayo es una descarga eléctrica entre dos puntos con carga eléctrica negativa y positiva.

Wilson (1920) sugirió que existía una especie de balance entre la ionósfera, la superficie de la Tierra y las capas de aire que los divide, de tal manera que todo hacía parte de un circuito eléctrico global. Posteriormente, Whipple (1929) añadió que este balance estaba supeditado por las tres zonas del mundo con mayor convección profunda: Sur América Tropical, El Congo (región ecuatorial de África) y el sudeste de Asia y Australia, todos dentro de la zona tropical continental, lo que podría sugerir una relación entre la latitud, la longitud y la tendencia del fenómeno a evitar los océanos y los polos.

Estas tendencias podrían estar explicadas porque tanto en el ecuador como en el continente la temperatura es mayor, facilitando la formación de la convección y, por lo tanto, de las tormentas eléctricas. Este patrón también es aplicable al comportamiento diario del fenómeno, generándose con mayor frecuencia en los máximos de temperatura diaria.

En Colombia, Torres (s.f.) concluyó, por ejemplo, que en Medellín, Cali y Bogotá la hora máxima de actividad diaria se presentaba a las 15:30 hora local. Esta tendencia varía según el punto y época del año, guardando una relación directa con el comportamiento de la ZCIT y afectando principalmente la región Andina, Pacífica y Caribe.

Los detectores ópticos de rayos basados en satélites como el LIS (*Lightning Imaging Sensor*), del Global Hydrology Resource Center (GHRC), han permitido un estudio y seguimiento del comportamiento anual de los rayos desde 1995. Los datos provenientes de este instrumento han confirmado la mayor frecuencia de rayos en las tres zonas planteadas por Whiple (1929), siendo Colombia uno de los países con mayor número de descargas eléctricas. La figura 80 muestra el promedio anual de cantidad de rayos por km^2 para todo el planeta.



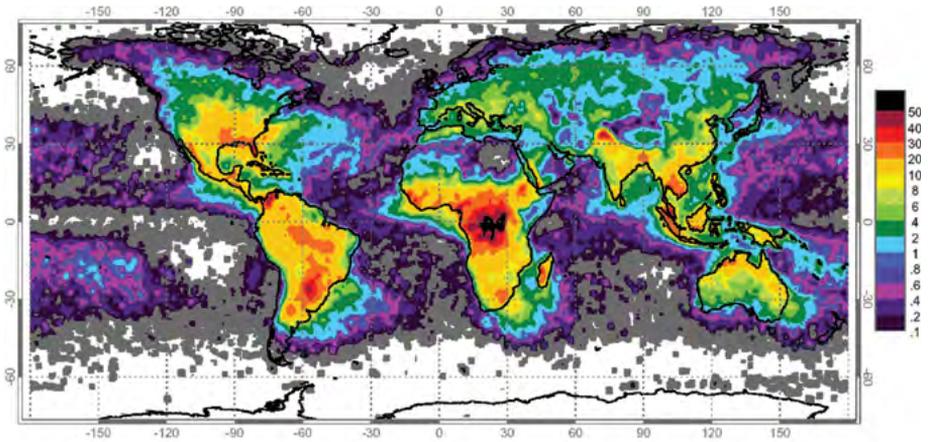


Figura 80. Promedio anual de rayos medido por el sensor LIS, las áreas que no son visualizadas por el instrumento son representados en color blanco.

Fuente: Tomado de Earth Observatory (2017).

12.2 Tipos de rayos

Nube al aire: Son descargas eléctricas generadas desde una nube hacia la atmósfera, normalmente más arriba de la nube que la genera.

Nube a Tierra: Son los más comunes y peligrosos, usualmente se generan desde la nube hacia la tierra cuando esta última está cargada positivamente y desde la tierra hacia la nube cuando la tierra está cargada negativamente.

Intranubes: La descarga se produce dentro de la misma nube, la cual se encuentra con los dos tipos de iones; los positivos en la parte más alta de la tormenta y los negativos en la parte baja.

Internubes: El rayo es generado desde una nube cargada negativamente hacia otra nube con carga positiva.

12.3 Fenómenos asociados al rayo

El relámpago. Es el fenómeno luminoso que surge como consecuencia del rayo y que se desplaza a la velocidad de la luz (300 000 000 m/s), por lo tanto podrá ser perceptible por un observador casi de forma instantánea. El relámpago libera energía de forma repentina y momentánea, forzándola a manifestarse como un resplandor de luz.



El trueno. Es el fenómeno sonoro asociado al rayo, por lo cual será percibido a la velocidad del sonido (~340 m/s), seis órdenes de magnitud menos que la velocidad de la luz. La descarga eléctrica sobrecalienta súbitamente el aire que le rodea causando una violenta expansión que se propaga como onda sonora.

164 12.4 Efectos de los rayos sobre las aeronaves

Se estima que, en promedio, de uno a dos rayos impactan una aeronave por año, pero que algunos tipos de aviones reciben más impactos que otros. En Colombia, que una aeronave sea impactada por un rayo no es una tarea difícil, hasta la tormenta más pequeña puede generar una descarga eléctrica con resultados negativos sobre la aeronave.

Hasta qué punto el rayo representa una amenaza para aeronaves en vuelo es un tema controversial. Aunque los ocupantes se encuentran protegidos por los requisitos de apantallamiento, que impide la penetración de las descargas eléctricas en el interior, las aeronaves pueden ser seriamente afectadas y los efectos podrían variar según los siguientes planteamientos:

- Interferencia con el funcionamiento de los equipos de radio.
- Perforación o astillado de estructuras no metálicas.
- Falla total de los equipos de comunicación por daño en las antenas.
- Averías en partes sin conexión a masa.
- Posibles daños en el circuito eléctrico de la aeronave.
- Deterioro de los compases magnéticos.
- Quema de alguna de las luces de la aeronave.
- Interferencia en los equipos de navegación.
- Estructuras metálicas deformadas como resultado de intensos campos magnéticos.
- Ignición de combustible por efecto de los miles de amperios inyectados a la aeronave.
- Daños en los sistemas de propulsión.

Para eliminar estos problemas, las aeronaves se construyen a imitación de una jaula de Faraday (perfectamente conductora), para lo cual los materiales no metálicos (fibra de vidrio, etc.) son sometidos a diferentes procesos que les permiten soportar y distribuir uniformemente, por toda la estructura de la aeronave, la enorme carga eléctrica que porta el rayo. Según la teoría, el rayo entra por la parte delantera de la aeronave, pasa por el fuselaje y sale por la parte trasera (figura 81).



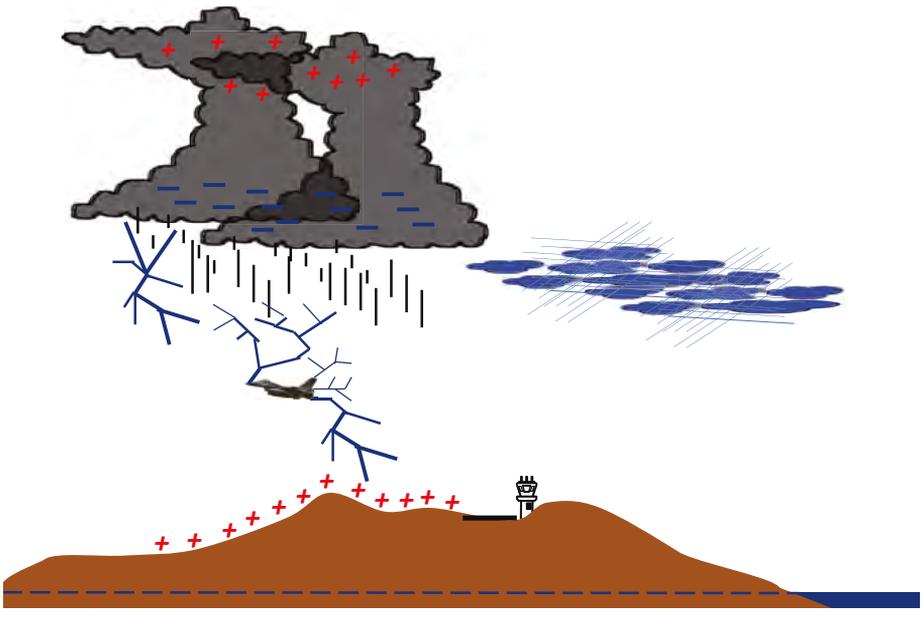


Figura 81. Impacto con rayo en aeronaves.
Fuente: elaboración propia.

Esto es posible gracias a que el aluminio es bastante conductor y puede disipar las altas corrientes resultantes de un rayo. Sin embargo, la industria aeronáutica ha venido reemplazando el aluminio utilizado en la estructura del fuselaje, vigas de piso, estabilizadores y controles de vuelo, por la fibra de carbono, el cual es 1 000 veces más resistente que el aluminio al flujo de corriente (FAA, s.f). Aunque la fibra de carbono tiene la ventaja de ser un material mas resistente y menos pesado que el aluminio, sus desventajas incluyen una menor conductividad que el aluminio; por lo tanto, se necesita una malla o revestimiento de protección contra rayos (FAA, s.f).

12.5 Instrumentos de detección

En la actualidad, no se tienen sensores con capacidad para predecir rayos, solo para detectarlos una vez se presenten. La UAEAC, por ejemplo, pone a disposición de las tripulaciones información actualizada de las descargas eléctricas detectadas los últimos 30 minutos, esta información es contrastada contra la última imagen infrarroja disponible (figura 82).

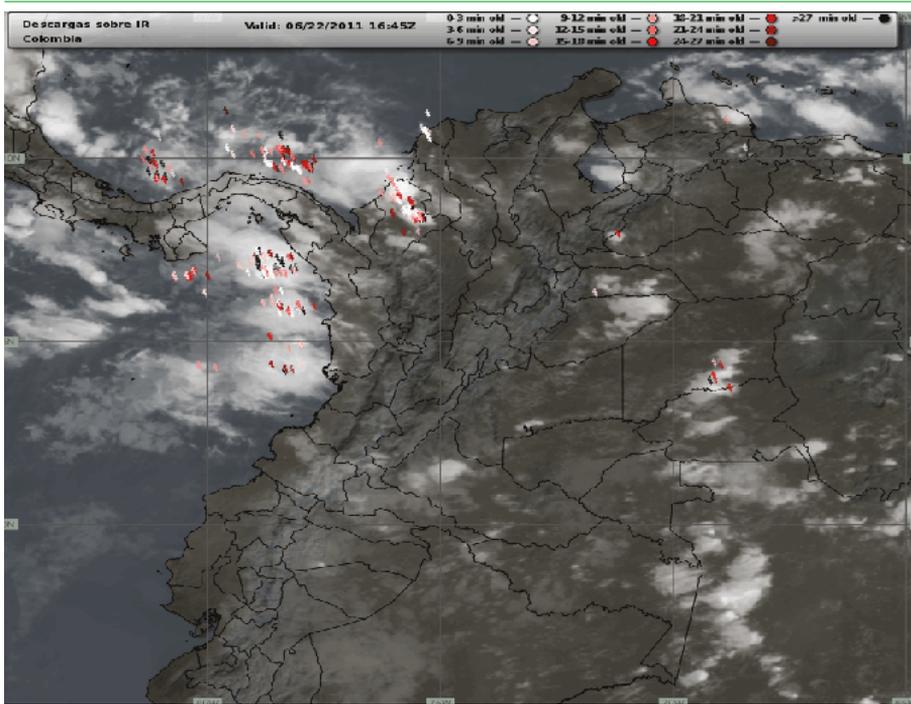


Figura 82. Representación de la frecuencia de rayos sobre una imagen satelital en el canal infrarrojo.
 Fuente: Tomado de UAEAC (s.f).

12.6 Casos de impacto de rayo en la FAC

A-37 FAC 2177 a 56 MN del VOR de Barranquilla (10/NOV/04). Mientras la aeronave se encontraba en el punto DAGAN, muy cercano al punto de notificación ISOTO, fue impactada por un rayo causando el apagado del motor N°. 1.

A-37 FAC 2180 en el área general de Barranquilla (08/AGO/07). La aeronave recibe la descarga eléctrica a 25 000 ft apagándole los dos motores; el piloto reenciende los motores a 8500 ft y aterriza en CACOM-3. En la inspección en tierra se evidencia la salida de la descarga por el motor N°. 2.

El SR-560 FAC 5764 en Montería, Córdoba (20/OCT/09). La aeronave fue impactada por un rayo en el radomo³¹; dicho rayo se desplazó por la aleta de la cola y por varios remaches del fuselaje, dejando indicaciones de derretimiento en la lámina. La descarga salió por las tomas de descarga estática quemando tres de éstas, la antena VHF-2 y la luz de posición trasera.

³¹ Parte de la estructura de la aeronave que se utiliza como antena de detección de condiciones meteorológicas adversas o antena de detección de blancos con cámaras infrarrojas.



A-29 FAC 3106, en el área de Puerto López, Meta (20/ABR/2012). El impacto se produce durante una misión de vuelo de prueba en la fase de ascenso para FL 250. Cuando la aeronave se encontraba a una altitud de 24 500 ft, el piloto siente un impacto fuerte y observa un destello de color azul en el área del *spinner*³² de la hélice. La aeronave no presentó fallas del sistema eléctrico, de aviónica, ni de comunicaciones. El piloto canceló la misión y se aterrizó en la Base Aérea de Villavicencio sin novedad. Aunque las condiciones meteorológicas eran favorables para la realización del vuelo, durante la inspección posvuelo se encontró marca de impacto de rayo en la punta del plano derecho de la aeronave (figura 83), sin rastro de otro lugar de entrada o de salida. En consecuencia, es necesario realizar un cambio de motor a la aeronave.

167



Figura 83. FAC 3106 impactado por rayo el 20/ABR/12.
Fuente: Tomado de IGEFA (2012).

12.7 Impacto con hielo

El granizo proviene de nubes de desarrollo vertical tipo cumulonimbos, el cual cuenta con corrientes ascendentes y descendentes. A medida que un pequeño gránulo de hielo se mueve verticalmente, se le adhieren gotas sobre-enfriadas que se solidifican al impacto y van ganando más y más peso y se convierten en granizo después de múltiples ascensos y descensos. Cuando la fuerza de gravedad (peso) supera la fuerza de flotabilidad (corrientes ascendentes), el granizo se precipita (figura 84).

32 Parte final de un eje central que gira y del cual las hélices o palas están sujetas.

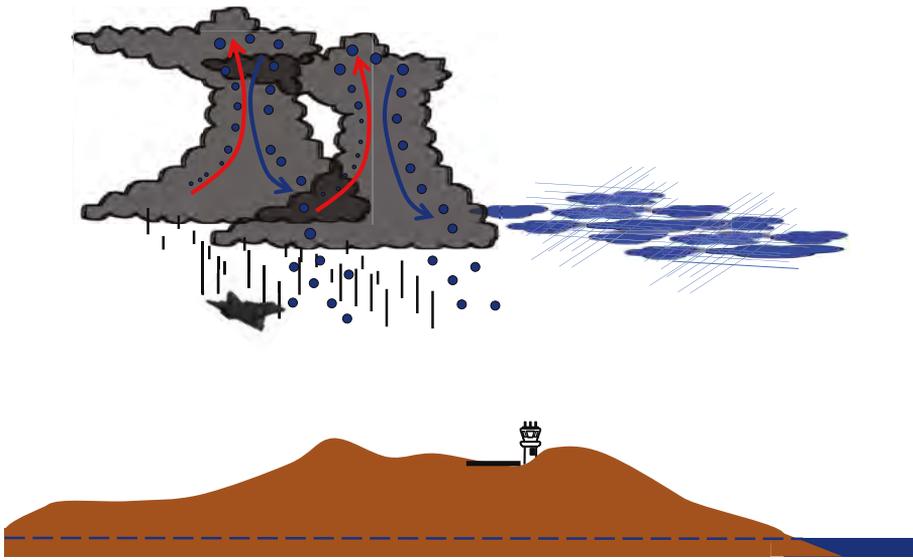


Figura 84. Impacto con hielo en aeronaves.

Fuente: elaboración propia.

Contrario a lo que se podría pensar, no es necesaria una gran tormenta para generar granizo, por eso en Colombia este fenómeno no solamente depende del comportamiento de la ZCIT. Las tormentas de pequeña extensión también pueden generarlo, lo cual causa graves daños sobre la estructura y componentes de la aeronave. A manera de ejemplo se exponen los siguientes casos:

T-27 FAC 2256 en la ruta SKAP – SKAR (16/OCT/04). La aeronave fue golpeada por granizo mientras efectuaba la llegada normalizada Armenia-2 entre 11 000 y 15 000 ft. El Plexiglás de la luz de aterrizaje del plano derecha se rompió y el fuselaje sufrió abolladuras en el borde de ataque de los estabilizadores vertical y horizontal.

D-328 FAC 1160 en la ruta SKAS – SKCL (14/MAY/04). La aeronave se encontraba nivelada a 21 000 ft y después de cruzar una zona montañosa cercana a Popayán donde había formación de hielo, la tripulación encontró el cielo despejado y condiciones visuales. Sin embargo, un pedazo de hielo golpeó el vidrio frontal derecho fisurando toda la superficie frontal del mismo, obligando a la tripulación a realizar una reducción de velocidad y altura por temor a una despresurización de la aeronave. A pesar de los daños, el avión logró aterrizar en el aeropuerto de Cali.

T-37B FAC 2127 en la ruta SKAP – SKPQ (26/SEP/12). La aeronave sufrió graves daños en la estructura del avión al sobrevolar una zona de tormenta a las 16:15 hora local. El granizo causó daños en la luz de taxeo, luz de indicación del tren de aterrizaje, luz de posición y estroboscópica del plano izquierdo, nariz del avión, nacela de entrada al motor derecho e izquierdo, borde de ataque del estabilizador vertical y antena del Glide Slope Localizer (figura 85b). Las condiciones meteorológicas del punto y la ruta pueden ser visualizadas en la imagen infrarroja en la cual también se ha trazado la ruta de vuelo de la aeronave (figura 85a).



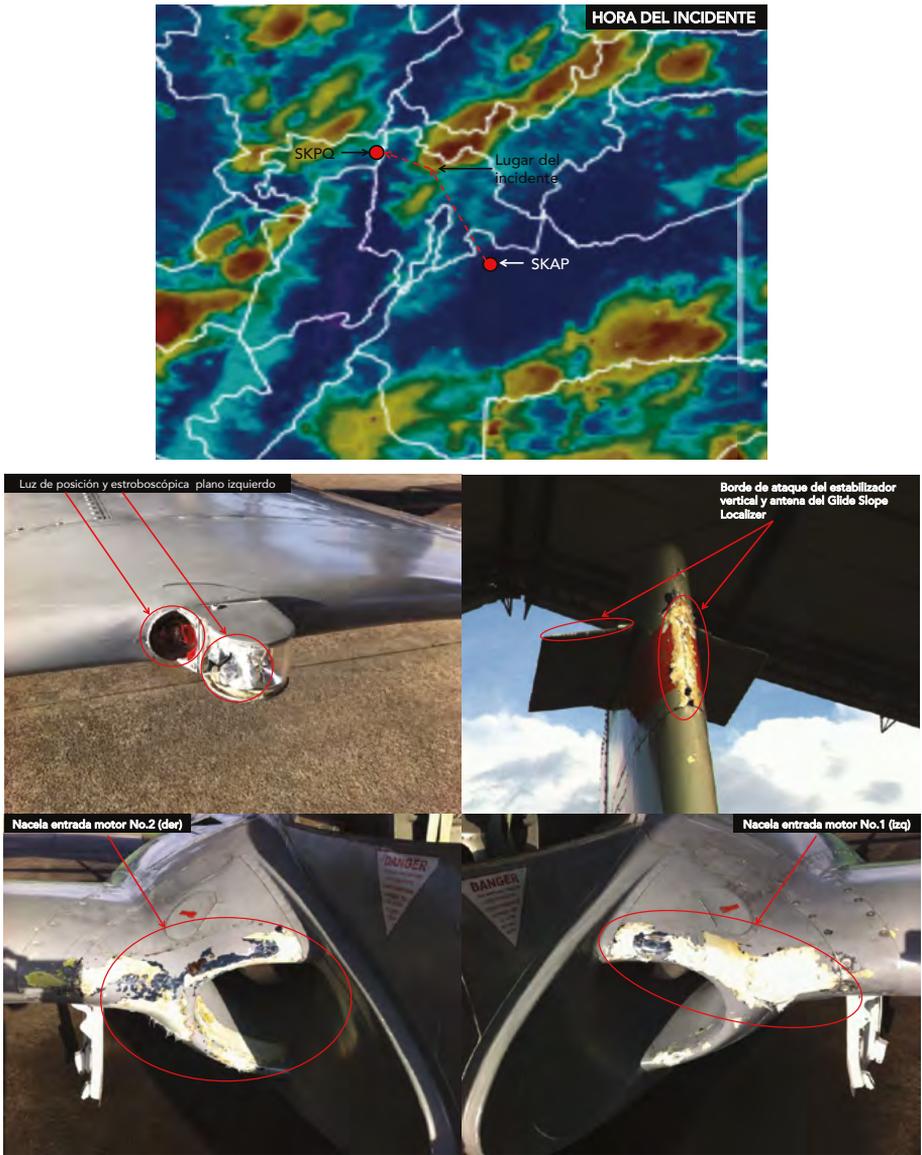


Figura 85. Imagen infrarroja con la ruta de la aeronave y daños causados por impacto con hielo.
Fuente: Tomado de IGEFA (2012).

