

El engelamiento: la peligrosa acumulación de hielo en los aviones en vuelo

José Miguel Viñas

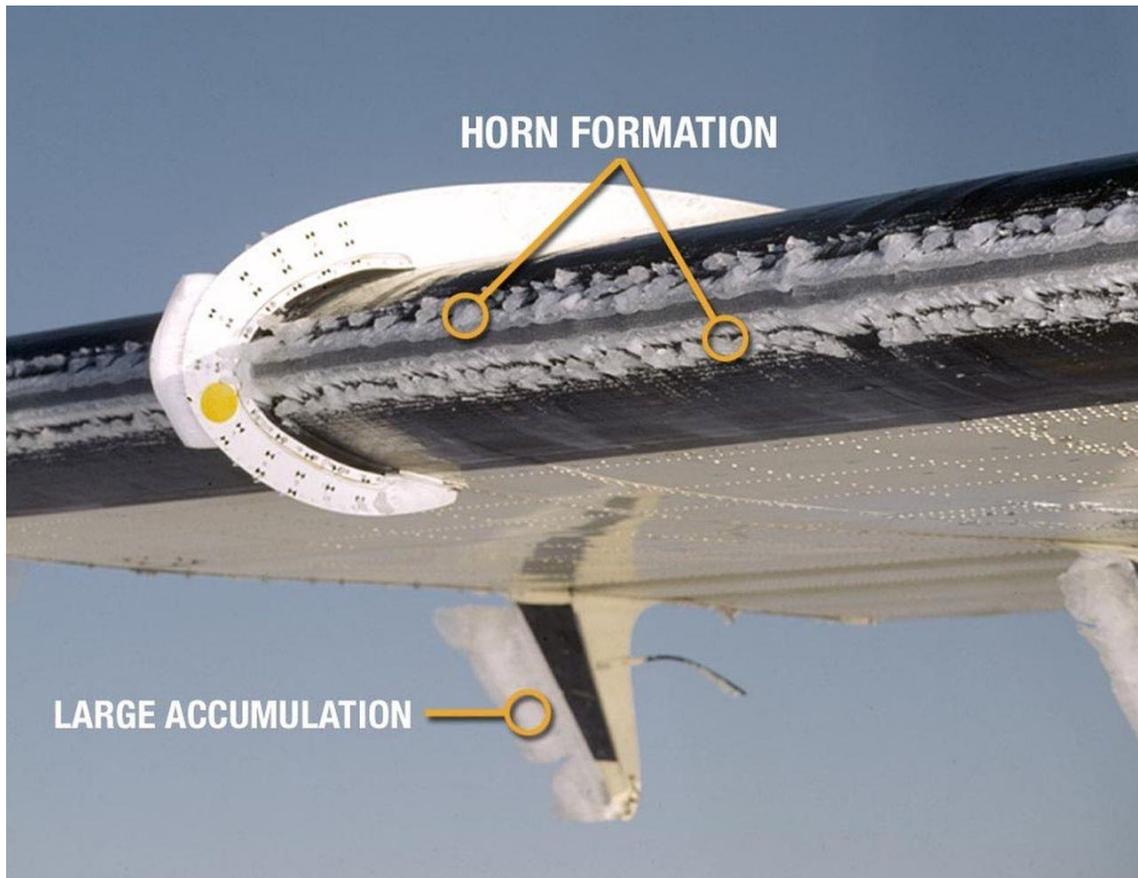
Artículo original publicado en www.tiempo.com



Operación de deshielo sobre las alas de un avión estacionado en un aeropuerto

La formación de hielo sobre la superficie de las aeronaves recibe el nombre de engelamiento y es la principal causa de siniestralidad aérea en el mundo. Las avionetas son especialmente vulnerables a la acumulación de hielo en sus fuselajes. Para que se produzca una acumulación de hielo, la aeronave obligatoriamente ha de atravesar una zona de la atmósfera en que haya gotas o gotitas de agua subfundida. Dichas condiciones se dan en el interior de las nubes frías, mixtas o al atravesar cortinas de lluvia con temperaturas inferiores a 0 °C.

Cuando un avión atraviesa una nube constituida por gotitas de agua subfundida o engelante, cualquiera ellas que impacte sobre él se convierte de inmediato en hielo, quedando adherido a la estructura del avión. Los bordes de ataque son las zonas donde se producen las mayores acumulaciones. Aunque prácticamente a cualquier altitud de vuelo pueden darse condiciones de engelamiento, aproximadamente la mitad de los episodios tienen lugar en baja cota, entre los 5.000 y los 13.000 pies (aprox. entre 1.500 y 4.000 m) de altitud.



Acumulación de hielo durante 10-15 minutos en un avión experimental de la NASA. Se aprecian dos tipos de hielo en el borde de ataque del ala (claro y granular), así como una gran acumulación en la parte inferior. Crédito: © NASA

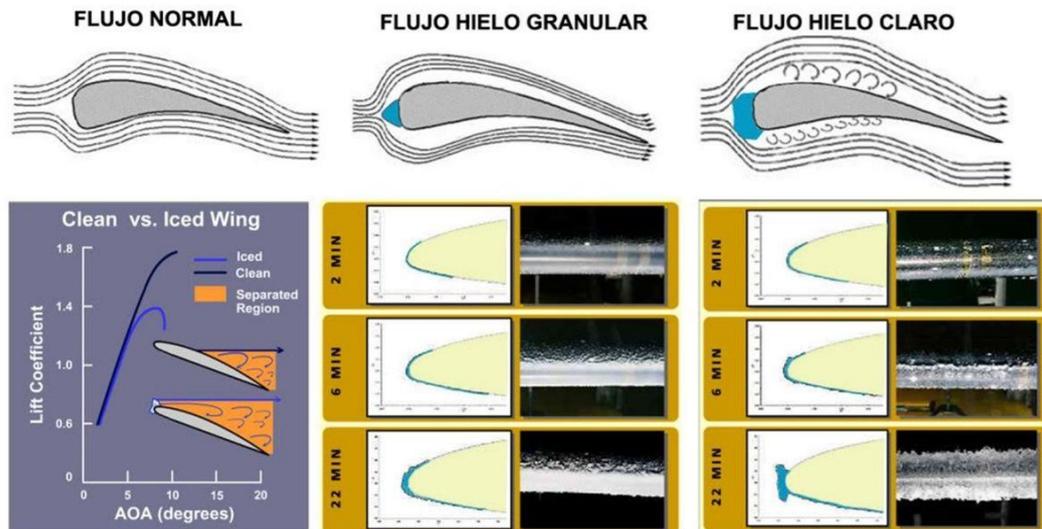
Entre los factores que influyen en la formación de hielo sobre una aeronave en vuelo, podemos distinguir entre los de tipo meteorológico y los de tipo aerodinámico. Entre los primeros tenemos por un lado, la cantidad de gotas y gotitas de agua subfundida presentes en el aire. También influye la temperatura del aire (con el rango más crítico entre 0 °C y -10 °C), y la distribución por tamaños de las gotitas de nube.

En cuanto a los factores aerodinámicos, tenemos, en primer lugar, la eficiencia con la que la aeronave va captando a su paso las gotas y gotitas de agua subfundida, lo que depende del tipo de perfil. También resulta determinante la velocidad de la aeronave, de manera que cuanto más rápido atraviese una zona crítica, acumulará hielo a un mayor ritmo, pero durante menos tiempo. El último factor a tener en cuenta es la temperatura del fuselaje. Sobre él se produce un calentamiento cinemático, fruto de la fricción con el aire, siendo mayor en aire claro que en nube.

Hielo granular y hielo claro

Hay hasta 5 tipos de hielo que pueden acumularse sobre una aeronave en vuelo. De ellos hay 2 que se forman al atravesar cortinas de precipitación: la lluvia helada o engelante y el aguanieve. Se puede acumular también hielo volando en aire claro, en cuyo caso tenemos escarcha, y quedan los dos tipos de hielo que se pueden formar al volar en el interior de las nubes: el granular y el claro. Comentaremos a continuación las características de estos últimos.

El hielo granular (*rime ice*) es opaco, de color blanco y presenta una textura granulada. Es un hielo poroso y ligero, que debido a su baja adherencia es fácil de desprender. Al piloto le bastará con buscar una zona de vuelo donde la temperatura del aire sea ligeramente superior a los 0 °C para deshacerse de él. El hielo granular está provocado por gotitas de nube de pequeños diámetros, asociadas principalmente a nubes estratiformes, y puede producirse hasta temperaturas muy bajas, de entre -15 y -25 °C (rango principal). La exposición prolongada bajo esas condiciones puede convertirlo en un factor de riesgo.



HIELO GRANULAR versus HIELO CLARO

Adhesión de los dos tipos de hielo sobre los bordes de ataque de una aeronave y flujos de aire resultantes (parte superior de la figura). Autor: Lucas Fernández-Peña Mollá (2012).

El hielo claro o vítreo (*clear ice*) es transparente, cristalino y de mucha mayor densidad que el hielo granular. En este caso se desprende con dificultad, quedando firmemente adherido a los bordes de ataque de las aeronaves, lo que lo convierte en el tipo de englamamiento más peligroso. Este tipo de hielo es generado por gotas grandes superenfriadas, lo que habitualmente encuentra el piloto al penetrar en nubes convectivas, con un gran contenido de agua y a unas temperaturas no excesivamente bajas (entre 0 y -10 °C).

Sistemas para evitar el englamamiento

La progresiva acumulación de hielo –de un tipo o de otro– por el englamamiento, provoca una mayor resistencia aerodinámica, aparte del mayor peso que debe soportar la aeronave, lo que se traduce en una menor sustentación. Estos factores provocan a su vez una disminución del rendimiento del motor o motores, aparte de los errores instrumentales (como, por ejemplo, las lecturas falsas del altímetro como consecuencia

de la obturación parcial por hielo del tubo pitot), interferencias de radio (al verse afectada también la antena), dificultades de control y, en los casos más críticos, las vibraciones, lo que causa un fatiga estructural muy peligrosa.



Reducción del hielo depositado en el borde del ala de un avión, como consecuencia de la acción de las cámaras de aire expansibles dispuestas en ella. Fuente: Aviation Education Multimedia Library.

Para evitar situaciones críticas por engelamiento, los pilotos disponen de dos tipos de defensas antihielo, que ayudan a reducir la cantidad de hielo acumulado. Por un lado están los medios anticongelantes, que tienen como misión impedir que se llegue a formar hielo aunque se den unas condiciones en el vuelo favorables para ello. Entre esos sistemas está el de hacer circular aire caliente procedente del compresor por conductos internos del borde de ataque, lo que hace que su superficie no esté tan fría.

Por otro lado están los medios descongelantes, que actúan sobre el hielo que ya se ha formado sobre el fuselaje. Los hay mecánicos y térmicos. Los primeros consisten en unas cámaras de aire elásticas situadas en los bordes de ataque de las alas que el piloto puede inflar y desinflar a voluntad, lo que resquebraja la costra de hielo que pueda ir produciéndose en vuelo.

Los medios térmicos actúan en la misma línea de los anticongelantes; permiten calentar las zonas más sensibles a la formación de hielo. Dicho calentamiento puede conseguirse o bien mediante unas resistencias eléctricas que calientan unas fajas situadas en diferentes zonas del fuselaje, o bien mediante la inyección, a través de un circuito interno, de parte de los gases calientes que expulsan los motores, lo que conlleva una pérdida de potencia.