

ISSN 0328-4530

AÑO III - NUM. 22
ENERO/FEBRERO 1996
Argentina: \$ 8
Chile: \$ 2.500
Uruguay: NS 28
Paraguay: Gs 8.000
Otros países: US\$ 8

ALAS

DE AMERICA Y DEL MUNDO

■ VISITAMOS EL AEROPUERTO DE:

MOJAVE

■ INFORME ESPECIAL

AVIACION COMERCIAL ARGENTINA

■ INDUSTRIA
AEROCOMERCIAL:

¿TENDENCIA POSITIVA?

■ AVIACION DEPORTIVA

CLUB DE PLANEADORES CONDOR



Riesgos del engelamiento

Por

María Clarisa Pirlone y Gustavo Aranovich

La operación de aeronaves en condiciones de engelamiento puede ser muy riesgosa. Para poder prevenir accidentes es conveniente conocer los mecanismos de formación de hielo y poder detectarlo a tiempo.

El engelamiento es la acumulación de hielo sobre una aeronave o sobre alguna de sus partes, ya sea en vuelo o en tierra. El agua está a una temperatura inferior a cero grados y al entrar en contacto con la superficie de la aeronave se convierte en hielo.

Es muy frecuente encontrar nubes con agua en estado de subfusión. Esto significa que, en ciertos casos, el agua que contiene la nube se encuentra en estado líquido aun cuando las temperaturas son inferiores a cero grado. Generalmente este fenómeno se da cuando las temperaturas son entre 0 y -15 grados centígrados. Por debajo de los -20°C las nubes contendrán agujas de hielo.

El estado líquido del agua en estado de sobrefusión puede alterarse de forma sencilla, con un brusco choque o por entrar en contacto con núcleos de cristalización. Cuando la aeronave atraviesa una nube con agua en estado de sobrefusión, sea por el efecto del choque o porque la superficie de la aeronave hace las veces de un núcleo de cristalización, el agua se solidifica en todas aquellas áreas de la superficie de la aeronave que entran en contacto con el agua: bordes de ataque de las alas, timones, palas y hélices, turbinas y partes salientes del avión.

El tipo de hielo que se forma depende de las dimensiones de las gotas de agua y del proceso de cristalización. La cristalización de una gota de agua toma un determinado tiempo ya que, al liberarse calor durante la cristalización éste hace subir a cero grado la temperatura de la gota y detiene el proceso de solidificación. Sin embargo, la gota de agua se enfría nuevamente por contacto con el medio, lo que hace que el proceso de solidificación continúe. Así, el proceso de solidificación es lento si la temperatura ambiente es poco inferior a cero grados, pero es más rápido si la misma es más baja. Si las gotas de agua son grandes y están cerca una de otra, se soldarán fácilmente al congelarse, formándose un hielo

compacto y duro. En caso contrario, el hielo será quebradizo.

El engelamiento es más peligroso entre 0 y -8°C, siendo más frecuente a los -5°C. Si la temperatura es muy baja, el hielo es más quebradizo y toma la consistencia de la nieve.

El rozamiento de las aeronaves al volar genera un aumento de temperatura, por lo que cuando más rápido es un avión, el engelamiento peligroso se producirá a temperaturas más bajas.

DIVERSOS TIPOS DE HIELO

▪ El **hielo blanco** (white-frost) se da generalmente a temperaturas inferiores a -10°C. Se produce cuando el avión entra en nubes formadas por gotas pequeñas y finas. Es opaco y quebradizo y se acumula preferentemente en los bordes de ataque. No suele extenderse hacia atrás desde los bordes de ataque.

▪ El **hielo transparente** (glaze) se produce a temperaturas de entre 0 y -4°C. Se forma cuando la aeronave pasa por nubes de gotas de agua grandes y gruesas o entre lluvia de agua subfundida con gotas de agua grandes. Es compacto y muy adherente. Se forma especialmente en los bordes de ataque de las alas y suele extenderse hacia atrás en una capa que disminuye progresivamente, conservando en cierto modo un perfil aerodinámico.

Pero si la nube o lluvia contienen cristales de hielo, nieve o granizo, el hielo se acumula irregularmente formando protuberancias que pueden afectar seriamente la aerodinamia de la aeronave. Este tipo de acumulación de hielo es la más frecuente y se produce entre los -4 y -9°C.

▪ La **escarcha** se forma por sublimación, que es el fenómeno por el cual el vapor de agua pasa directamente al estado sólido. Los cuerpos que resultan de la sublimación, que reciben el nombre de sublimados, se presentan casi siempre en estado cristalino, a menos que el enfriamiento sea lo suficientemente rápido para que la condensación de

los vapores tenga lugar de una manera tan brusca que impida la agregación regular de las moléculas.

Cuando un avión ha volado en zonas frías, por lo cual tiene temperaturas bajas, y luego atraviesa zonas de aire más cálido y de humedad elevada, enfría el aire con el cual entra en contacto y puede hacer que su temperatura descienda por debajo del punto de rocío, pasando directamente el vapor de agua al estado sólido. Recordemos que el punto de rocío (dew point) es el valor al que debe ascender la temperatura del aire para que el vapor de agua que contiene comience a condensarse.

La escarcha suele formarse durante la noche sobre aviones estacionados. Existe otro tipo de engelamiento, doblemente peligroso por no poder ser apreciado en forma visual y porque se puede producir en un cielo sin nubes y con temperaturas superiores a cero grados. Se trata del **engelamiento del carburador**.

En el carburador, el aire aspirado se expande y por lo tanto se enfría, bajando su temperatura. A su vez el combustible toma calor del aire para evaporarse. De este modo se produce un importante descenso de la temperatura que puede llegar a ser de 30°C. Si se aspira aire húmedo puede enfriarse de tal modo que se forme hielo, el que se depositará sobre las paredes de la toma de aire. El hielo obturará parcialmente la toma de admisión de aire, lo que disminuirá la presión de admisión.

La mejor precaución ante este evento es contar con un termómetro del carburador y un sistema de calefacción del mismo. Si la temperatura del carburador baja a 0°C, conviene encender el sistema de calefacción. La temperatura del carburador es independiente de la temperatura del aire exterior.

Otro modo de detectar el engelamiento del carburador es mediante un indicador de la presión de admisión. Pero si la aeronave no cuenta con él ni con un termómetro de carburador, es conveniente conectar el sistema de calefacción del

carburador por unos minutos, desconectarlo y observar si el motor tiene la misma potencia con calefacción que sin ella.

Si la calefacción del carburador se conecta en forma tardía, puede no dar resultado alguno. La calefacción generalmente resulta del calor recuperado del tubo de escape. Si hay engelamiento el motor tiene menor potencia y por lo tanto el escape produce menos calor. Este puede no ser suficiente para derretir el hielo, el que seguirá aumentando ya que sigue disminuyendo la potencia del motor. Los carburadores a inyección resultan menos afectados por el engelamiento.

El engelamiento en los turbo reactores y turbo propulsores produce una importante disminución del flujo de aire, que lleva a una reducción de la presión interna del motor, de la eficiencia neta y del empuje axial y a un aumento de la temperatura de la turbina. El hielo se acumula en las cubiertas, punta, primera etapa del compresor, álabes, etc., de las turbinas.

También puede producir stall de compresor, ingestión de hielo en la turbina, daño interno en el motor y detención brusca de la turbina (flameout).

CONSECUENCIAS DEL ENGELAMIENTO

En las **hélices** del avión, las consecuencias son: a) pérdida de rendimiento al deformarse el perfil de las hélices o de las alas, debiendo utilizarse más potencia del motor; b) como el hielo no se forma uniformemente en las palas de la hélice, se producen vibraciones que pueden causar daños a la hélice, a la célula o al motor.

En la **célula** del avión podemos señalar que: a) el hielo en las alas agrega más peso y deforma el perfil, disminuye el coeficiente de sustentación máximo y puede provocar la entrada en pérdida de la aeronave; b) se produce un aumento del arrastre, y para contrarrestarlo es necesario usar más potencia para mantener una velocidad suficiente para la sustentación; c) el aumento del peso del avión a consecuencia de la formación de hielo puede contribuir a que se produzca un accidente.

Los **mandos** del avión pueden resultar afectados, generalmente cuando se hiela el agua residual y resultan bloqueados.

La indicación de relación de presiones del motor (EPR) se emplea para ajustar el empuje y comprobar las actuaciones del motor. El sistema completo de indicación consiste en

una sonda sensora de presión de entrada (P_{t2}), varias sondas sensoras de presión de escape (P_{t7}), un transmisor de relaciones de presión y un indicador de dicha relación de presión. La presión de admisión del motor (P_{t2}) es un índice del empuje de admisión. Es detectada por una sonda semejante a un **tubo de Pitot**. La presión de escape del motor es un índice de la energía de que se dispone en la expansión después de que la turbina ha captado la energía necesaria para mover el compresor. Es detectada por varias sondas situadas en la corriente de los gases de escape a la turbina. El EPR es la relación P_{t7} sobre P_{t2} . Si la sonda P_{t2} se congela, resulta un EPR indicado mayor que el real y una disminución del empuje.

Si el **tubo de Pitot** se hiela, indica una velocidad falsa. Si se hiela el **tubo de Venturi**, no funciona correctamente el horizonte artificial, el indicador de viraje y el compás giroscópico, por lo que el avión no puede ser volado por instrumentos. En

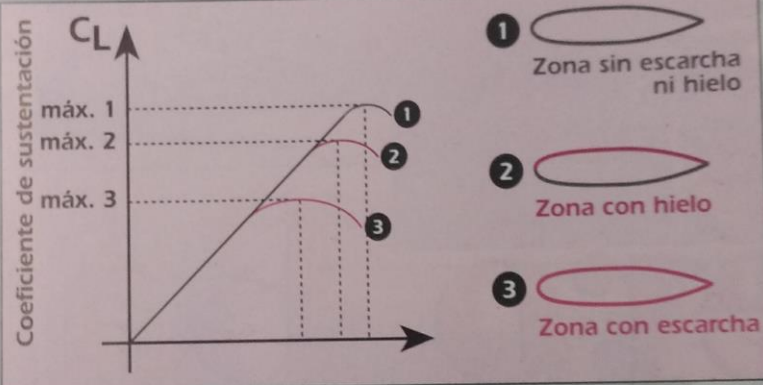
de la capa del contaminante sea menor a una pulgada y media, ya que el contaminante aumenta la carrera de despegue en un 15% si la capa es de 0,5 pulgadas, en un 50% si es de una pulgada, y en un 100% si es de 1,25 pulgadas.

PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS

La forma más elemental de prevenir el engelamiento es detectar las zonas de bajas temperaturas, tratando de evitar las más peligrosas durante el vuelo. Para ello hay que tener en cuenta que el engelamiento es peligroso hasta los -8°C , menos peligroso entre los -8 y -14°C , y poco peligroso por debajo de los -14°C , salvo en el caso de cúmulos o cumulonimbos.

Los aviones modernos utilizan fundamentalmente los sistemas antihielo térmicos combinados con los anticongelantes químicos.

Los sistemas antihielo térmicos funcionan utilizando aire caldeado por



la mayoría de los aviones, ambos tubos son caleccionados eléctricamente.

También las antenas pueden engelarse y romperse. El **cristal del parabrisas** puede tener acumulación de hielo que dificulte la visión.

El congelamiento de la **turbina** puede ocurrir sin haber congelamiento en las alas. Esto puede ocurrir cuando la expansión adiabática reduce la temperatura del aire en la toma de éste en el motor. Se dice que hay expansión adiabática si la dilatación tiene lugar sin intercambio de calor con el medio ambiente. En este caso, las gotas de agua que entran o chocan en la entrada del aire pueden congelarse. Sucede generalmente en el despegue o en la operación en tierra, cuando la velocidad de la aeronave es baja y el motor opera con alto empuje. Podría darse con temperaturas superiores a los 5°C con humedad visible (niebla, bruma, etc.) o cuando el punto de saturación del rocío está alrededor de los 3°C .

Si la pista está contaminada con nieve, barro o acumulaciones de agua, hay que asegurarse de que el espesor

los motores, el cual es conducido a los bordes de ataque de las alas y en ocasiones a las demás partes móviles del fuselaje. También utilizan el calentamiento eléctrico, haciendo pasar una corriente eléctrica por una capa de material conductor transparente colocada entre dos hojas de plexiglás.

Los anticongelantes químicos son líquidos que tienen la propiedad de hacer descender el punto de congelación del agua cuando se disuelven en ella, impidiendo así el congelamiento. Generalmente son a base de dietilenglicol y propilenglicol (alcoholes). Otros fluidos tienen un pseudoplástico que arrastra el hielo remanente en la carrera de despegue. Generalmente se recomienda utilizar ambos en forma combinada.

Bajo ninguna circunstancia se deben planificar vuelos cuando se pronostique o existan condiciones de congelamiento severas.

Cuando opere una aeronave bajo condiciones de engelamiento recuerde tomar todas las precauciones posibles. No estará exagerando. □

REVISTA NACIONAL AERONAUTICA Y ESPACIAL

AERO espacio

Año 50 - Ed. 1993 - Nº 495 - Año LII - SET/OCT '93 - ISSN 0001-9127

▶ **EL RAFALE**

▶ **AUTOMATIZACION
EN EL COCKPIT**

▶ **CERTIFICACION
DE AERONAVES**

Dassault Rafale

INCLUYE POSTER

FORMACION DE HIELO EN AERONAVES EN TIERRA

Por Raúl E. González



El 13 Éne'82, el vuelo 90 de Air Florida despegó desde el Aeropuerto Nacional de Washington DC, después de haber demorado en tierra 1 h 45 min debido a una tormenta de nieve. A las 16:01 h el B-737 matrícula N62AF chocó contra la baranda del puente de la calle 14 y se desplomó al río Potomac que estaba cubierto de hielo. La Junta Nacional de Seguridad del Transporte determinó que la causa probable del accidente era la no utilización del sistema de deshielo del motor durante el carreteo; el despegue con superficies cubiertas de nieve y hielo, y el no abortamiento de la operación cuando aparecieron indicios de funcionamiento incorrecto de los motores. Esas causas fueron agravadas por la exposición pro-

longada del avión a la precipitación nívea antes del decolaje; las características de cabeceo propias de B-737 cuando el borde de ataque está helado o con nieve, y la escasa experiencia de la tripulación en vuelos invernales con turbo reactores.

El informe de la Junta Investigadora de Accidentes indicó que la tripulación subestimó el peligro. Aunque actualmente son excepcionales los accidentes provocados por estos motivos, las lluvias frías y las temperaturas inferiores a 0°C siguen siendo amenazas para la aviación civil.

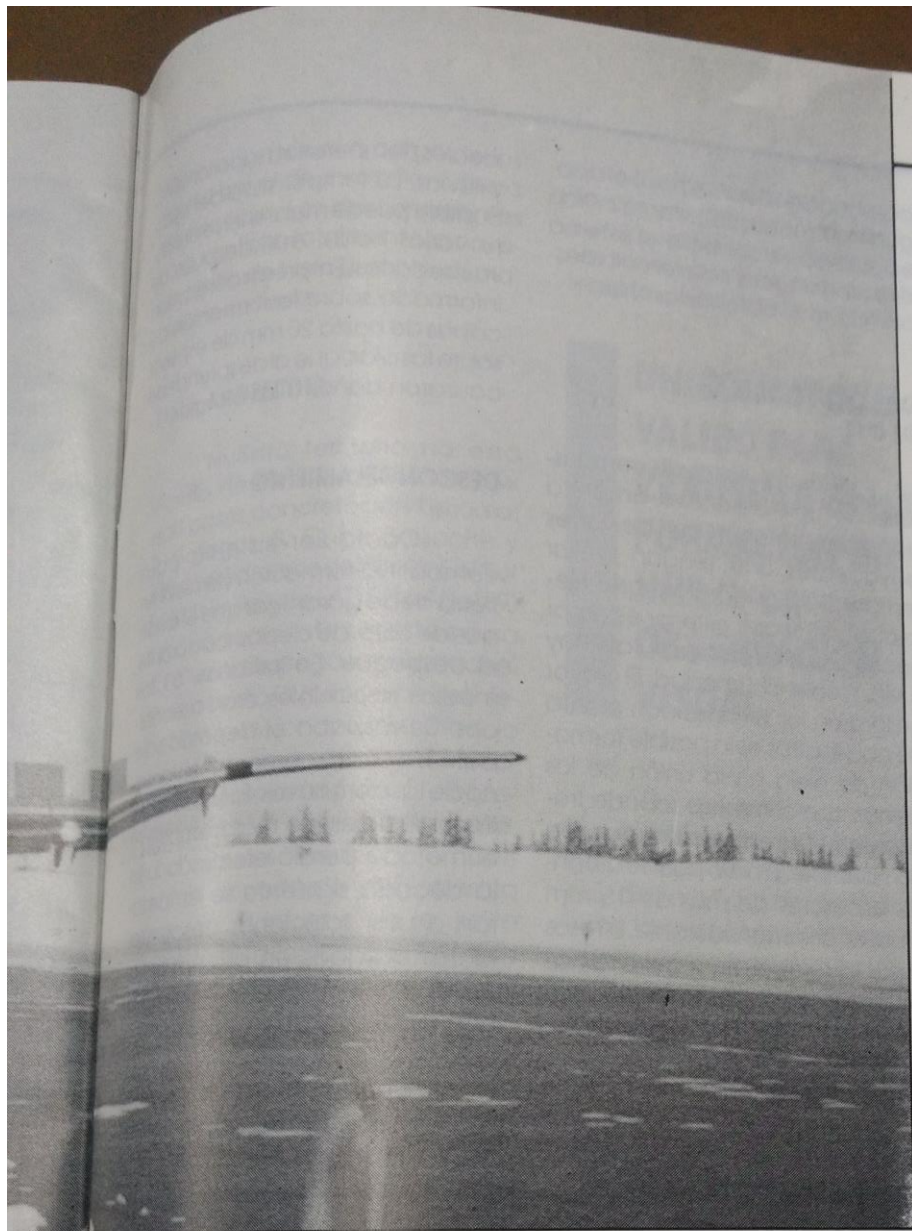
FORMACION DE HIELO

Aunque este fenómeno

puede producirse en vuelo, analizaremos lo que sucede en el suelo; las distintas formas, más fuertes o más débiles, se pueden clasificar en tres grupos.

El primero es el resultado de la conversión directa de vapor de agua en hielo sin pasar por el estado líquido, e incluye a la formación de escarcha, hielo cristalino y vidriado. La primera se forma en la superficie de los objetos enfriados debajo de 0°C cuando no hay nubes, el viento está calmo y la temperatura de los mismos es inferior que la del aire circundante. Esto puede ocurrir con cualquier gama de humedad relativa.

El hielo cristalino (duro) se produce por calentamiento, cuando un objeto tiene una temperatura inferior a 0°C y ésta es menor a la



de la masa de aire que se mueve hacia dicho objeto. El espesor de la capa es de unos pocos milímetros.

El hielo vidriado se forma por sobresaturación del aire que contiene vapor de agua mientras la temperatura es muy baja. Los tres tipos, parecidos a la nieve, son inestables, de baja densidad y se quitan con relativa facilidad de las superficies aerodinámicas.

El segundo grupo se debe a la presencia de agua superenfriada en la atmósfera, donde el hielo se forma por cristalización de las gotitas de lluvia, niebla o llovizna sobre la superficie de las aeronaves. Esta clase de formación se da usualmente cuando la temperatura del aire es cercana a 0°C . Su aspecto varía desde el trasparen-

te hasta una capa blanquecina semejante a la escarcha y las diferencias se deben al congelamiento de las gotitas a distintas velocidades y condiciones.

LA FORMACION DE HIELO EN TIERRA DIFIERE DEL QUE SE PRODUCE EN VUELO.

Si la temperatura fluctúa entre 0° y -5°C (se ha formado hielo vidriado a menos de -10°C), las

gotitas de mayor tamaño se extienden sobre la superficie a medida que se congelan y forman una capa traslúcida semejante a un espejo (vidriado). Con temperaturas más bajas, la niebla superenfriada forma la escarcha granular. Los depósitos de este tipo se adhieren con mayor firmeza a las superficies metálicas y pueden ser importantes.

En el tercer grupo se incluyen los tipos de hielo producidos por congelamiento de agua común que no está superenfriada (lluvia, nieve húmeda, niebla, vapor de agua condensado, etc.). Exteriormente se parecen a los dos primeros grupos, pero contrariamente al hielo sublimado se adhieren firmemente a las superficies. No es raro que un depósito semejante a la nieve se describa como escarcha, induciendo una falsa apreciación del grado de adherencia a la superficie. Nunca hay que suponer que se desprenderá por vibración de la estructura durante el rodaje, o por el impacto del aire.

EFFECTOS SOBRE LAS AERONAVES

La formación de hielo en tierra difiere del que se produce en vuelo. En este caso, normalmente se acumula en los bordes de ataque, mientras que en el primero cubre una mayor superficie, especialmente el extradós de los planos, dorso del fuselaje y estabilizadores del empenaje. En tierra generalmente es asimétrico porque se deposita sobre las superficies que quedan a barlovento (de donde procede el viento).

En el despegue, un avión cubierto de hielo pierde sustentación por separación prematura del filete aerodinámico del ala y aumenta la resistencia al avance. A veces, pequeños depósitos causan una rápida pérdida de sustentación y agudizan el ángulo de ataque. La sustentación es particularmente afectada por las

Formación de hielo...

asperezas que se forman en los bordes de ataque y el efecto negativo disminuye a medida que aumenta la distancia respecto a éstos. En algunos casos, deja de influir a una distancia superior al 25% de la cuerda.

Si al llegar a la velocidad normal de despegue la aeronave no logró el coeficiente de sustentación (CL) necesario para equilibrar su peso, esta relación podrá mejorarse aumentando la velocidad con un mayor recorrido en tierra, o con un mayor ángulo de ataque. En ambos casos hay peligros concurrentes. En el primero, se puede exceder la longitud de la pista, y en el último aparece el riesgo de superar el ángulo crítico donde los filetes de aire se desprenden de la curvatura del ala.

Además la formación de hielo puede alterar el control de la aeronave, especialmente cuando traba la acción de los alerones. Hay casos en que la nieve o el hielo depositados sobre el extradós del estabilizador del empenaje provocaron un encabritamiento pronunciado durante el despegue, con clara situación de riesgo. Otro factor negativo es el peso del hielo acumulado en tierra. Cuando el sistema descongelador de los motores no ha sido activado o lo fue tardíamente, se puede producir una pérdida de potencia o un corte total. Es recomendable conectar tales sistemas aunque la temperatura del aire esté algo por encima del 0°C, para evitar el depósito de hielo en los componentes del motor.

Los álabes del compresor no están calefaccionados y puede formarse hielo que al desprenderse disminuye las performances, produce fuertes vibraciones, o para el motor. Lo que no siempre es detectado hasta que se aplica la potencia de despegue.

Cuando los motores están en la sección de cola, los fragmentos de hielo desprendidos de los planos o del borde de admisión pueden ser ingeridos durante el despegue o en el ascenso inicial,

causando daños internos o el apagado del motor. Un instante crítico es cuando se conecta el sistema descongelador y comienza a desprenderse el hielo de las alas.

QUE OCURRE A MAS DE 0°C

Si los depósitos de combustible de una aeronave en tierra están debajo de 0°C, en las partes adyacentes que tengan similar temperatura puede formarse hielo cuando el aire exterior está por encima de esa temperatura, y hay lluvia, niebla o humedad. El mayor peligro en los aviones con planta de poder atrás es la posible formación de hielo en la unión de los planos con el fuselaje, donde frecuentemente están los tanques de combustible. El hielo puede alcanzar espesores de más de 15 mm sobre un área considerable. En esos casos la temperatura del aire habitualmente no supera los 5°C, pero hay información de haberse detectado hielo hasta con más de 10°C.

EL HIELO PUEDE ALCANZAR ESPESORES DE MAS DE 15 mm SOBRE UN AREA CONSIDERABLE.

Como en otras partes del avión o en tierra no se observa formación de hielo, las tripulaciones suponen que no hay y no es necesario conectar el sistema descongelador. Además este hielo es transparente y difícil de detectar en las superficies mojadas.

Un caso típico de formación de hielo por combustible es cuando el líquido se enfría a menos de 0°C durante el vuelo y el avión aterriza donde las condiciones son

ideales (temperatura superior a 0°C y lluvia). La temperatura del combustible puede mantenerse durante varias horas, aun después de vuelos cortos. Empresas aéreas han informado sobre la formación de capas de hasta 20 mm de espesor sobre las alas, que al desprenderse causaron daños a los motores.

DESCONGELAMIENTO

Cualquier sistema para combatir la formación de hielo en tierra debe garantizar que el avión quede libre de depósitos durante el despegue. En los años '50, los medios disponibles eran mecánicos. Se raspaba el depósito y se barría, pero al aumentar el tamaño de las aeronaves, la limpieza de las superficies fue más compleja y el método perdió efectividad. En la década siguiente se empezaron a usar soluciones descongelantes basadas en glicol etileno, glicol propileno y un 10% de agua, con ayuda de pulverizadores y sin calentamiento previo.

Debido a la demora de la solución en reaccionar, era preciso realizar una acción mecánica para sacar la nieve o el hielo fundente. Soluciones posteriores más eficaces y equipos capaces de esparcirlas a presión eliminaron esta necesidad. Los líquidos lanzados con fuerza y en caliente separan las adherencias.

Para impedir una nueva formación, se recomienda rociar generosamente las superficies con anticongelantes. Esos líquidos forman una película de protección contra el hielo, a la vez que eliminan los vestigios que pudieran existir sobre el avión. Además, esta prevención asegura despegues libres de riesgo. No obstante, los anticongelantes sólo previenen los casos moderados y proporcionan una protección limitada en el tiempo siempre y cuando sea extendido en forma homogénea.

En general se aconseja como único método válido para verificar si hay formación de hielo, la

observación visual a cargo de los pilotos antes de iniciar la carrera de despegue. Los descongelantes no garantizan totalmente la no reaparición de hielo durante las maniobras en tierra.

EN LA ARGENTINA

Nuestro territorio no está exento de estos fenómenos y se dan casos concretos en Ushuaia, R. Gallegos, S. C. de Bariloche y otros aeródromos del sur. Un Fokker F-28 al servicio de LADE (16 Ago '89) sufrió un accidente por esta causa durante el despegue en Bariloche. No se advirtió la formación del hielo sobre la aeronave y se produjo una pérdida asimétrica en el momento de dejar la pista. El despegue concluyó fuera de la calle, hubo algunos heridos, y un porcentaje importante del aparato destruido. El informe de la Junta Investigadora indicó que la causa del accidente fue "una formación de hielo de difícil detección y evolución".

A diferencia de otros estados donde estos problemas son frecuentes y existen equipos apropiados para combatirlos, en nuestro país carecemos de medios suficientes y hay escasa compenetración de los riesgos intrínsecos. La responsabilidad de controlar la presencia de hielo, escarcha o nieve

sobre los aviones debe ser asumida por los operadores, mientras que las autoridades aeroportuarias tienen que ocuparse de mantener las pistas limpias.

UNICO METODO VALIDO PARA VERIFICAR SI HAY FORMACION DE HIELO: LA OBSERVACION VISUAL.

Por eso es bueno recordar que la formación de hielo se puede producir en tierra o en vuelo; hay distintos tipos de depósitos níveos; los riesgos originados por las capas contaminantes heladas a la aerodinámica de las aeronaves; la conveniencia de recurrir a los líquidos anticongelantes cuando se sospecha la posibilidad de formación de hielo, y la inspección ocular previa al despegue como control más seguro de los tripulantes.

A pesar que estos consejos son conocidos por el personal aeronáutico, continúan despegando aviones con hielo formado du-

rante su detención en tierra. La investigación induce a concluir que hay tres motivos principales.

Uno de ellos indica que el personal de vuelo y de tierra no siempre está debidamente ilustrado sobre los riesgos; no toma en cuenta todas las reglas preventivas, y subestima el peligro. En segundo término, no hay métodos y recursos absolutamente confiables para confirmar con seguridad la ausencia de hielo en sitios peligrosos, como las superficies del empenaje, motores y dorso del fuselaje.

Finalmente, el uso de fluidos descongelantes garantiza despegues seguros sólo cuando es de calidad confiable y es esparcido por equipos eficientes que opera personal adiestrado. Los sistemas ofrecidos por esta clase de limpieza aún deben ser perfeccionados para lograr resultados completos. Es preferible recurrir a los anticongelantes que eliminan el hielo y protegen contra su formación.

El análisis que aquí concluye alerta sobre el hecho de que la formación de escarcha, hielo o el depósito de nieve sobre las superficies aerodinámicas de las aeronaves sigue siendo un riesgo que merece la máxima atención de los operadores. Una simple observación visual puede ser suficiente para reducir las posibilidades de ocurrencia de accidentes graves. ➔

Academia Marque

Fundada en 1917

INGRESOS A:

Escuela de Aviación • Colegio Militar

AERO espacio

REVISTA NACIONAL AERONAUTICA Y ESPACIAL 522

Su-29 en la FAA



Los Bell UH-1H El Nacional de Vuelo a Vela

Mar/Abr 1998 Argentina \$ 6 Exterior u\$s 7,50 Año LVII ISSN-0001-9127

Anticipo Edición 1998

EL PROBLEMA DEL ENGELAMIENTO EN VUELO

"Nuestra capacidad para pronosticar con exactitud condiciones de engelamiento en vuelo, va muy a la zaga de la evaluación de otras condiciones meteorológicas peligrosas. Es necesario adoptar medidas provisionales a largo plazo para corregir esta situación".

por Steve Green

Asociación Internacional de Pilotos de Líneas Aéreas



Es interesante observar que de las muchas amenazas meteorológicas que enfrentaban los comandantes de dirigibles Zeppelin en la Primera Guerra, el engelamiento estructural era una de las más temibles. Para ellos, era simplemente un problema de performance, ya que agregaba un mayor peso que no podía compensarse soltando lastre y la nave descendía lentamente y sin mayor elección del terreno de aterrizaje.

En 1919, el Atlántico septentrional fue cruzado por primera vez en vuelo sin escalas por el Cap. John Alcock y el Ten. Arthur Whitten Brown en un Vickers Vimy. Durante el vuelo, el engelamiento estructural impidió parcialmente el movimiento de los mandos, pero la amenaza real surgió cuando el hielo obstruyó la admisión de aire al motor. Varias veces durante el cruce, Brown, el navegante, debió arrastrarse por las alas con un cortaplumas para extraer el hielo de los ductos de admisión.

Y ha sido así desde el comienzo del vuelo con motor. El engelamiento en vuelo ha cobrado incontables vidas a través de los innumerables accidentes que ha provocado. E incluso, como desaparece completamente de la escena después del suceso (en particular si hubo fuego), podría ser causa de muchos más accidentes de los que sabemos.

Alcock y Brown, piloteando con cabina abierta, estaban constantemente al tanto de la amenaza de engelamiento. Actualmente, en la comodidad de un puesto de pilotaje "de cristal" moderno, donde el único aire en movimiento es el que entra por los ductos de ventilación, es fácil ignorar la amenaza, aunque sea sólo por un momento. Además, después de obtener mucha experiencia personal en un entorno de engelamiento sin hallar dificultades, muchos pilotos de línea suelen conformarse pensando que el problema se ha transformado en algo rutinario y tratable con el moderno equipo de las aeronaves, la pronosticación meteorológica y las notificaciones.

Y se equivocan.

Con dos excepciones, las microráfagas u otras cizalladuras del viento en nubes de tormenta, y las cenizas volcánicas, ningún otro fenómeno meteorológico puede comprometer tan rápidamente la performance de un avión. El engelamiento estructural puede cambiar la forma de la superficie aerodinámica. La nueva tendrá características de resistencia, sustentación y momento de cabeceo que pueden no satisfacer los requisitos del diseño o de la misión. La mayor resistencia y la menor sustentación pueden hacer peligrosa, si no literalmente imposible, la continuación del vuelo.

Pero más allá de la performance,

el engelamiento es el único fenómeno que puede comprometer el mando, reduciendo la eficacia de las superficies, o cambiando el equilibrio aerodinámico de las mismas. Esto puede manifestarse en fuerzas de control radicalmente alteradas, cambios en la estabilidad (aún al punto de que resulte divergente haciendo inestable la aeronave) y muy posiblemente una deflexión no intencional de una superficie de mando.

La aceptación rutinaria de operaciones en condiciones de engelamiento, a pesar de la posible amenaza, quizá se explique por el gran aumento del número de vuelos de corta distancia. Esta ampliación del tránsito aéreo, ha superado completamente la capacidad de la industria para pronosticar, momentáneamente o incluso detectar condiciones de engelamiento fuerte. El resultado es un elevado número de operaciones exitosas salpicado con

unos pocos grandes fracasos, y una comprensión pragmática notablemente pobre de las razones de esos fracasos, y de cómo podrían evitarse en el futuro. No obstante, a medida que la industria procura lograr una mayor eficiencia aerodinámica y menores costos de fabricación, mantenimiento y operacionales, el volumen del tránsito aéreo continuará creciendo. Esto sólo puede llevar a un aumento del riesgo que ya se considera inaceptable. Las tormentas presentan una grave amenaza para la aviación, pero su reconocimiento y tratamiento están bastante más desarrollados que en el caso del engelamiento en vuelo. Quizá esto se deba a que la tormenta tiene características que la hacen más fácil de enfrentar, y sus causas son ilimitadas y bastante bien comprendidas.

Cuando enfrenta una tormenta, el piloto cuenta con:

- un pronóstico que, en expedientes anteriores, ha sido confirmado frecuentemente por detección visual o radar de la tormenta prevista, dándole una buena medida de confianza en la precisión del pronóstico;
- un pronóstico momentáneo basado en la detección en tiempo real de las tormentas; y
- un sistema de radar meteorológico que proporciona información significativa sobre la tormenta a una considerable distancia frente a la aeronave, permitiendo adoptar una respuesta estratégica en la planificación del vuelo en ruta en vez de una respuesta táctica.

Para un conjunto determinado de condiciones de engelamiento cuantificadas, el efecto en cada aeronave dependerá del tamaño, velocidad, superficie de sustentación, configuración y sistemas de protección contra el hielo de cada aparato. Incluso leves variaciones en el ángulo de ataque (AOA) pueden alterar los límites del impacto observados por el piloto. Una leve variación en la temperatura del aire total (TAT) puede cambiar notablemente el tipo de hielo escarcha, claro o una combinación de ambos y la forma observada. Un sistema antihielo plenamente evaporativo puede tratar con

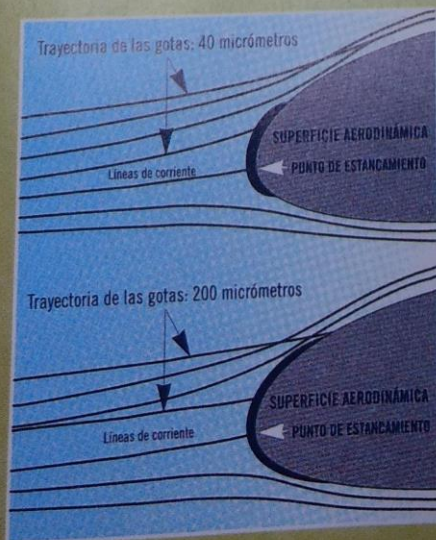
seguridad un nivel de agua líquida que otro avión, con los mismos AOA y TAT, pero con un sistema antihielo neumático no está en condiciones de hacer. Cualquiera de estas variaciones puede cambiar considerablemente los efectos sobre la performance y, por consiguiente, el "peligro" o "problema" que se observa y notifica.

Entonces ¿qué debe hacer el piloto de línea? La decisión que resultará probablemente más correcta, y que además es la que favorece el sector financiero de la empresa, es despegar y ver qué pasa.

No obstante, la mayoría de las aeronaves cuentan con equipo de protección contra el hielo y el piloto de línea a menudo cree que su avión está certificado para todas las condiciones de engelamiento. El manual de vuelo simplemente dice que la aeronave está certificada para volar en condiciones de engelamiento, y no hace referencia a aquellas para las cuales puede no estar certificada. En todo caso, el piloto confía en que podrá detectar esas condiciones que superan la capacidad de la aeronave (engelamiento fuerte) con tiempo suficiente como para cambiar de altitud o rumbo o, Dios no lo quiera, volver atrás.

La primera pieza en la solución de todo esto es la creación de un índice de gravedad del engelamiento que tenga en cuenta los parámetros que definen un medio engelante: temperatura, contenido de agua líquida, distribución de tamaño de gotas. hablaría aquí de un índice de gravedad paramétrica graduada, que puede definirse actualmente. La dificultad está en el uso de dicho índice. comenzar, el contenido de agua líquida y el tamaño de las gotas no se den fácilmente con carácter objetivo. Los datos básicos disponibles al meteorólogo no incluyen estos parámetros y debe inferirlos aplicando modelos numéricos. En segundo lugar, el piloto no está actualmente equipado con métodos de medición de estos parámetros. De modo que es difícil para él relacionar las condiciones de engelamiento, como

La parte del ala visible desde el puesto de pilotaje de muchas aeronaves, no incluye la superficie superior crítica donde puede formarse un borde de hielo causado por grandes gotas superenfriadas.



bién la acumulación resultante con un índice paramétrico objetivo.

En el estudio de la OACI de 1991, los Estados Unidos adoptaron la posición de que no era necesario utilizar en la certificación de engelamiento un índice de gravedad graduada, debido a que las actuales prácticas de certificación abarcan casi toda la gama de engelamiento natural. Este fue el comentario:

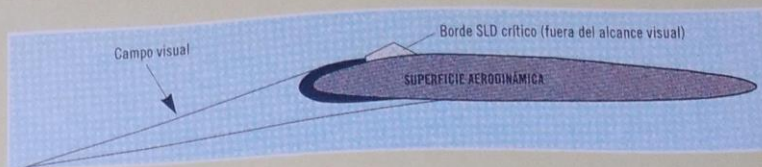
Las prácticas actuales de certificación de aeronaves en los Estados Unidos no tienen en cuenta los diversos niveles de intensidad del engelamiento. Los Estados Unidos han adoptado un criterio conservador de que, para operar con seguridad en un entorno de engelamiento, una aeronave debe estar equipada y certificada para enfrentar con éxito todos los entornos, excepto el de engelamiento grave. Así pues, en las solicitudes de certificación debe establecerse si se quiere que los diseños de sus aeronaves sean certificados para vuelo en condiciones de engelamiento conocidas. Una vez que un solicitante decide obtener, para un determinado tipo de aeronave, un certificado de engelamiento, las autoridades de aeronavegabilidad certifican ese tipo de aeronave para la envolvente ambiental completa (virtualmente el máximo escenario operacional de engelamiento) definida en reglamentos como el Reglamento Federal de Aviación de los Estados Unidos o el Reglamento Conjunto de Aeronavegabilidad. Una vez certificada, el manual de vuelo de la aeronave establecerá los procedimientos

operacionales y las limitaciones que correspondan.

Para elaborar adecuadamente un pronóstico, debe evaluarse en términos de la forma en que se utilizará. Desde el comienzo debe entenderse que la previsión de peligros meteorológicos específicos de un espacio no poseen la precisión requerida para obligar a la suspensión de los vuelos. Por ejemplo, las operaciones no se suspenden solamente porque haya indicación de tormenta, tornados o turbulencia grave. Un pronóstico de mala visibilidad es, por sí mismo, causa suficiente para suspender operaciones; no obstante, los sistemas meteorológicos que producen poca visibilidad son por lo general ampliamente homogéneos y reconocibles por parámetros medidos directamente. Además, los reglamentos de los Estados Unidos permiten que esos pronósticos sean mitigados por observaciones meteorológicas reales que no coinciden con ellos.

Por consiguiente, el pronóstico de un peligro meteorológico específico de un espacio no conduce automáticamente a la suspensión de las operaciones. Se le utiliza para la planificación del vuelo que tiene en cuenta la mayor probabilidad de un encuentro real con esas condiciones. Por ejemplo, en el caso de una tormenta, no se suspenderá la operación; no obstante,

El tamaño de estas gotas afecta la gravedad y el lugar del engelamiento del ala en vuelo. Las gotas más grandes penetran más fácilmente las líneas de corriente y chocan con el ala más atrás.



tanto el comandante como el despachador exigirán que se cargue más combustible, ya sea para desviar a un aeródromo de alternativa o, por lo menos, para espera en ruta mientras la tormenta pasa sobre el punto de destino. Análogamente, un pronóstico de turbulencia grave por encima del nivel de vuelo (FL) 330 no impedirá la realización de las operaciones por encima del FL 330; no obstante, puede planificarse la carga de combustible para vuelos al FL 290 (nominalmente una altitud menos económica para el combustible).

Este uso operacional de los pronósticos para tormentas y turbulencia grave es aceptable porque cuenta con cierto grado de detección en tiempo real. Durante muchos años, la industria ha supuesto que existía una detección similar en tiempo real para el engelamiento en vuelo. Esto puede no ser así. Un informe de investigación mencionó haber encontrado condiciones particularmente insidiosas porque las indicaciones normales de engelamiento (hielo visible en los bordes de ataque, ventanillas, antenas, etc.) indicaban que la acumulación era relativamente menor. Estas condiciones resultaron en una grave pérdida de performance que obligó al piloto de investigación a abandonar el experimento ■

