



Creado: 30/10/22
Modificado: -

Meteorología Aeronáutica

Unidad 3

Predicción Numérica



Temario

Tipos de Precipitación

Nieblas

Engelamiento

Turbulencia

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Tipos de Precipitación

Lluvia. Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro mayor que 0,5 mm, o bien gotas más pequeñas pero muy dispersas. Cuando las gotas se congelan al impactar con el suelo o con aviones en vuelo se tiene ***lluvia engelante***, que forma una capa transparente de hielo, peligrosa porque es difícil de distinguir del suelo



NOTAS

• Tipos de Precipitación

Llovizna. Precipitación bastante uniforme constituida por gotas con diámetro menor que 0,5 mm, muy próximas unas a otras. La llovizna cae de una capa continua de nubes de tipo estratos. Como en el caso anterior también puede haber *llovizna engelante*.

Nieve. Precipitación de cristales de hielo normalmente ramificados o en forma de estrella. Con temperaturas mayores que -5°C habitualmente los cristales forman copos. Tanto la nieve seca como húmeda forma cristales de hielo en la atmósfera, cuyas formas dependen de la temperatura y del contenido de humedad de la atmósfera. Las dendritas y las placas se originan cuando la temperatura está entre -22°C y -10°C ; las agujas y las columnas cuando está entre -10°C o -3°C ; las columnas también se forman para temperaturas por debajo de -22°C

Nieve granulada. Precipitación de gránulos de hielo, blancos y opacos. Suelen ser esféricos o, a veces, cónicos, con un diámetro de 2,5 mm. Son gránulos quebradizos. Este tipo de precipitación se produce cuando la temperatura en superficie es próxima a los 0°C . Pueden provenir de chaparrones.

NOTAS

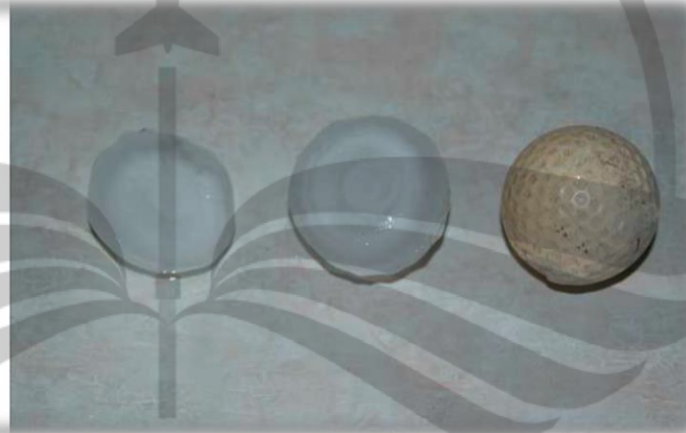
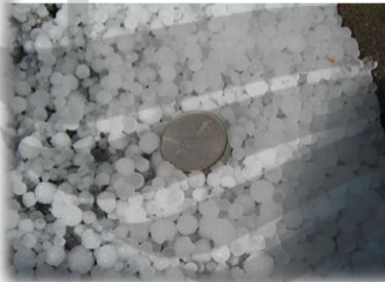
ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Tipos de Precipitación

Hielo granulado. Precipitación de gránulos de hielo, transparentes o translúcidos, de forma esférica o irregular con diámetro de 5 mm o menor.

Granizo. Precipitación de glóbulos o trozos de hielo (pedrisco) cuyo diámetro es del orden de 5 mm a 50 mm, o a veces mayor. Caen separados unos de otros o a veces en conglomerados. Suelen tener capas de hielo transparente o translúcido y provienen de tormentas.



NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Tipos de Precipitación

Lluvia	Altoestratos	Nimboestratos	Estratocúmulos		Cúmulos	Cumulonimbos
Llovizna				Estratos		
Nieve	Altoestratos	Nimboestratos	Estratocúmulos			Cumulonimbos
Nieve granulada			Estratocúmulos			Cumulonimbos
Cinarra				Estratos		
Hielo granulado	Altoestratos	Nimboestratos				Cumulonimbos
Prismas de hielo				Estratos		

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas

Si la condensación del vapor no se realiza por enfriamiento de una superficie sino por enfriamiento directo de una masa de aire se forman las nieblas. Para que se produzca condensación en el aire se necesita la presencia de núcleos de condensación higroscópicos que, en una primera fase, forman la bruma.

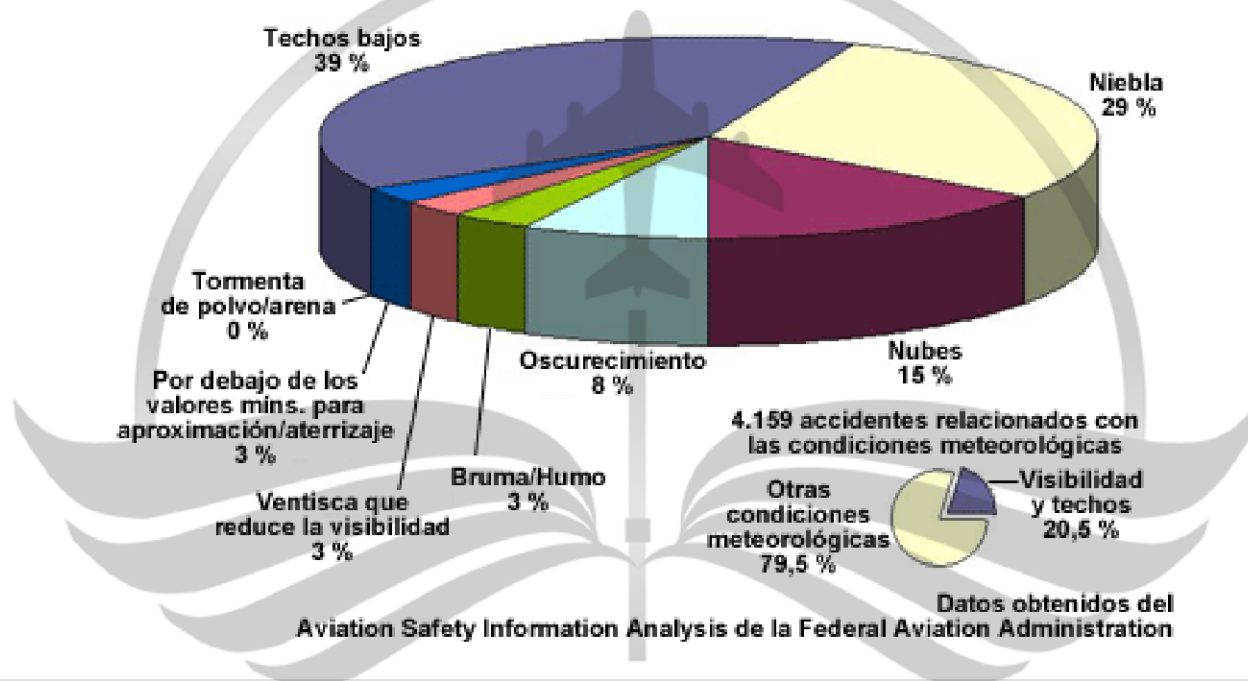
Sobre estos núcleos se forma la condensación del vapor de agua pero la humedad relativa todavía no es del 100%, aunque la visibilidad queda ya reducida. Habitualmente se habla de niebla cuando esta visibilidad es de un kilómetro o menor y la humedad relativa ya es del 100%. El paso de bruma a niebla normalmente requiere que el aire inicialmente sea más bien templado y descienda su temperatura con rapidez por el ambiente frío del entorno. Dependiendo de la manera en que el aire es enfriado se habla de dos tipos principales de niebla:

- **Nieblas de radiación:** cuando el enfriamiento se debe a la irradiación nocturna de aire estancado.
- **Nieblas de advección:** cuando toda una masa de aire se enfría al ser arrastrada sobre suelos más fríos.

NOTAS

- Nieblas

NTSB: distribución de condiciones de visibilidad y techos en accidentes relacionados con las condiciones meteorológicas en EE.UU. entre 1994-2003



NOTAS

• Nieblas

Para que ocurra este tipo de niebla es necesario que en una capa de aire húmeda, bien cargada de vapor, no haya agitación turbulenta, que la irradiación sea favorecida por la transparencia de las capas superiores y la noche dure lo suficiente.

La falta de turbulencia en el aire implica que haya reposo horizontal (viento muy flojo), gran estabilidad e inversión térmica. Estas condiciones son típicas de los anticiclones continentales de invierno: los movimientos descendentes del aire estancan a éste y se forma inversión térmica al perder calor la superficie por irradiación.

Debido a estas condiciones estas nieblas tienen poco espesor vertical (a veces sólo decenas de metros) pero provocan una escasa visibilidad horizontal.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas

Son favorables para su formación los suelos húmedos de zonas de vegetación o los valles en los que queda retenido el aire, y normalmente con el calentamiento del aire por el sol en un día despejado no tardan mucho en disiparse, excepto cuando el día es muy frío.

Como se producen en situaciones anticiclónicas frías las estaciones más favorables son primavera, invierno y sobre todo otoño, pues en esta estación es máxima la diferencia de temperatura entre el suelo y el aire.

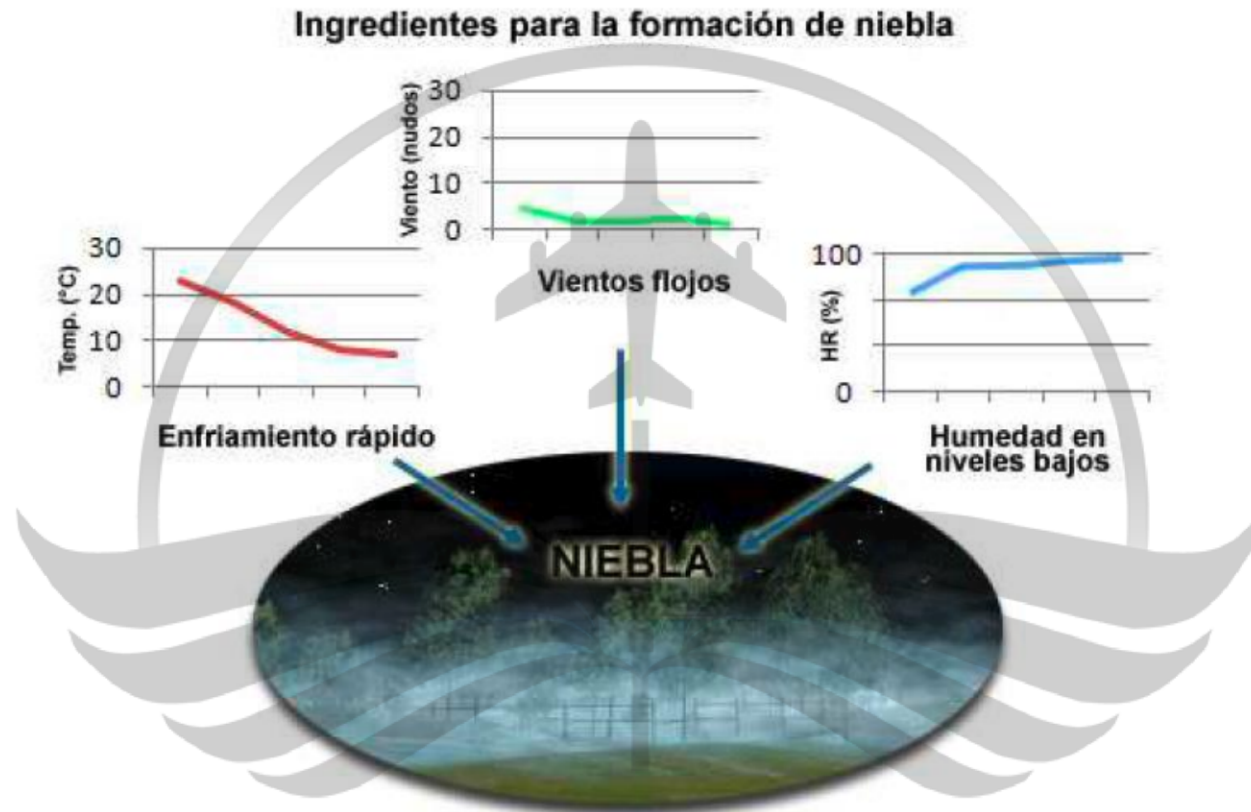
La niebla de radiación se ve favorecida en ambientes con un anticiclón en los niveles bajos, de gran escala, vientos flojos en la capa límite, humedad relativa alta cerca de la superficie y manto de nieve o suelo húmedo en la superficie.

NOTAS

ISEAP

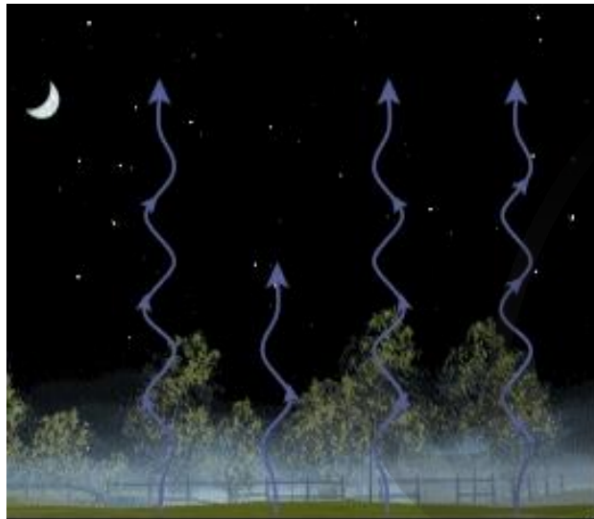
AERONAUTICAL ACADEMY

- Nieblas

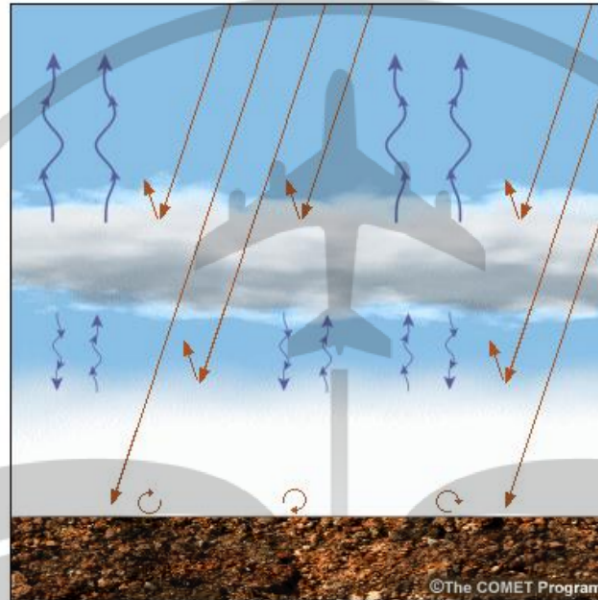


©The COMET Program

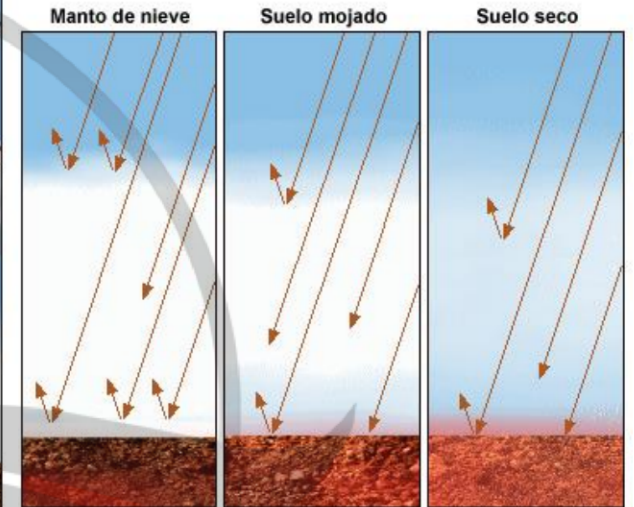
- Nieblas



©The COMET Program



©The COMET Program



©The COMET Program

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas Advectivas

Estas nieblas se producen por el enfriamiento de una masa de aire caliente y húmeda que se traslada sobre una superficie fría, por lo que hace falta un viento cálido persistente.

En este caso el frío nocturno no es relevante y se pueden formar nieblas de este tipo perfectamente durante el día.

El viento en este caso tiene un papel importante al remover el aire y mezclar las zonas frías con las más cálidas conforme va avanzando la masa de aire, sin que la agitación excesiva disipe la niebla sino más bien ocasionando su crecimiento, ya que el enfriamiento va aumentando.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas Advectivas

De hecho, este mecanismo de producción de nieblas normalmente es más eficaz que la irradiación nocturna y da lugar a nieblas más extensas, espesas y duraderas.

La niebla de advección se forma principalmente a través de procesos dinámicos y adiabáticos de la capa límite y está dominada por procesos de escala sinóptica que afectan el evento a lo largo de su duración.

Aunque los procesos radiativos participan en su evolución y ciclo de vida, no predominan. La formación puede ocurrir con vientos entre flojos o en calma, y moderados en los niveles bajos.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas Advectivas

Las nieblas de advección pueden ocurrir en zonas muy variadas de la Tierra, según sea el contraste entre el aire y el suelo:

- ***Diferencia de temperatura entre el mar y las tierras.*** En verano se forman nieblas de mar cuando el aire cálido de los continentes sopla sobre la superficie más fresca del mar. En invierno se forman nieblas de tierra, cuando el aire cálido del mar invade las llanuras y mesetas más frías.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas Advectivas

- ***Diferencia de temperatura entre la zona tórrida y los polos.*** Cuando el aire tropical que precede a las depresiones y viaja hacia latitudes más altas se va enfriando. Son más frecuentes en invierno porque la variación de la temperatura del trópico a los polos es más brusca. Además, conforme el aire entra en los continentes se enfría todavía más y la densidad de la niebla aumenta.
- ***Diferencias de temperaturas entre unos mares y otros.*** Cuando el viento sopla del más caliente al más frío se forman estas nieblas. Por tanto, como las nieblas de advección ocurren sobre una superficie fría, en verano se presentan sobre el mar y en invierno en los continentes.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Nieblas Advectivas



©The COMET Program

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- **Engelamiento**

La congelación atmosférica sucede cuando las gotas de agua en la atmósfera se congelan y se crea una capa de hielo en los objetos que tienen contacto con esas gotas.

Como se ha visto en el tema 10, para que esto ocurra en la atmósfera no sólo es necesario que se alcance el punto de congelación (0°C) sino que hace falta la presencia de núcleos de cristalización, pues en caso contrario se requeriría una temperatura mucho más baja (del orden de -40°C).

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Englamiento

La **subfusión**, llamada también superenfriamiento, es un estado del agua en la atmósfera en la que ésta permanece líquida aunque esté a temperaturas por debajo de su punto de congelación (llamado también punto de fusión).

Esto ocurre porque el calor desprendido en el inicio de la congelación no puede ser absorbido rápidamente por la atmósfera y entonces ese calor sigue presente en la gota de agua, se detiene la congelación y aunque puede seguir el proceso de enfriamiento, el agua queda en estado de subfusión.

La temperatura a la cual el agua pura pasa al estado sólido en la atmósfera libre está en torno a los -40°C , pero si hay núcleos presentes cristaliza antes sobre ellos.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- **Engelamiento**

Sin embargo, en la superficie terrestre se pueden producir heladas por la congelación directa de la humedad del suelo, formándose una costra vidriosa y resbaladiza que puede llegar a alcanzar considerable espesor. Además de la humedad del suelo, también se hielan los charcos de agua, la nieve parcialmente fundida, los estanques, lagos, ríos e incluso los mares.

Las heladas se producen con mayor facilidad cuando el cielo se halla despejado, puesto que entonces la tierra pierde calor por irradiación, y basta que la temperatura descienda unas décimas por debajo de los 0° C. En cambio, con cielo cubierto, son precisos varios grados por debajo de cero para que tengan lugar las heladas.

A su vez, la presencia o ausencia de las heladas, así como su menor o mayor intensidad, pueden indicar el estado térmico de las capas más bajas del aire.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Engelamiento

El depósito de hielo en la superficie forma la helada, que puede ser de dos tipos :

La **helada blanca** es un depósito de hielo blanco, constituido por gránulos más o menos pequeños separados por cámaras de aire, algunas veces con ramificaciones cristalinas. El espesor de este depósito puede aumentar hasta el punto de formar una capa espesa.

En el suelo o cerca del suelo la helada se deposita sobre los objetos, principalmente sobre sus superficies. Este depósito es debido a la congelación de las gotitas de agua subfundidas en la niebla o en las regiones montañosas, o a la congelación de gotitas de agua subfundida en las nubes.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- **Engelamiento**

El otro tipo de helada es la **helada transparente o hielo liso**, que es un depósito de hielo, generalmente homogéneo y transparente, que proviene de la congelación de gotitas de llovizna o de gotas de lluvia, en subfusión, sobre las superficies de los cuerpos que están a una temperatura menor que 0°C .

En el suelo el hielo liso se observa cuando las gotas de lluvia atraviesan una capa de aire de espesor considerable, cuya temperatura es menor que la del punto de congelación. En la atmósfera libre la helada transparente y el hielo liso se presentan en forma de capa de hielo transparente, compacto y liso.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Engelamiento

Un caso particular de este tipo de helada -la cencellada- es el **engelamiento** relacionado con la aviación.

El engelamiento tiene lugar cuando una capa de hielo se deposita sobre ciertas partes de los aviones en vuelo cuando atraviesan una nube de gotas subfundidas. A temperaturas de la atmósfera por debajo de los 0°C las superficies del avión presentan la ocasión ideal para que las gotas subfundidas se congelen directamente sobre esa superficie al contactar con ella.

Normalmente el hielo se acumula en los elementos de la estructura que queda de frente en el sentido de la marcha, expuestas al viento relativo, como el borde de ataque de los planos y de las palas de la hélice. Hay dos tipos de engelamiento: el hielo frágil, lechoso, que alcanza poco espesor, se desprende con relativa facilidad y tiene el aspecto de una masa costrosa de gránulos de nieve (helada blanca), y el hielo duro transparente, que se adhiere fuertemente y puede alcanzar espesores considerables (helada transparente).

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Engelamiento

La formación de un tipo u otro de engelamiento depende del tamaño de las gotas y de su temperatura: las pequeñas forman hielo frágil y las más frías hielo duro. El hielo duro transparente se forma con más frecuencia al paso de los aviones entre las nubes que contienen grandes gotas de agua en subfusión, como son típicamente los cumulonimbos.

Este hielo se forma a temperaturas entre 0 y -8°C , en cúmulos y/o cuando hay precipitación engelante. La cencellada blanca se forma a temperaturas inferiores a -15°C , pero también puede ocurrir a temperaturas más altas en nubes estratiformes, y tiene gran importancia también el contenido de agua líquida de la nube.

El hielo mixto (cencellada y hielo transparente) se forma en cúmulos cuyas temperaturas se encuentran entre -9 y -15°C .

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Englamiento

Por tanto, son tres los factores determinantes para la formación del englamiento: el tamaño de las gotas, la temperatura y el contenido de agua líquida. Si los aviones atraviesan gran cantidad de estas nubes el hielo puede crecer rápidamente y ser muy peligroso, ya que modifica el perfil de las alas.

Por eso, los sistemas de protección contra el hielo en los aviones son cruciales y necesarios. El englamiento en las aeronaves no solamente influye durante el vuelo. También cuando el avión tiene que despegar es muy importante que no se vea afectado previamente por la lluvia o llovizna engelante, o la nieve húmeda.

También cuando se forma rocío durante noches despejadas y la temperatura cae después por debajo del punto de congelación el hielo se depositará en su superficie. Es necesario quitar ese hielo antes del despegue.

NOTAS

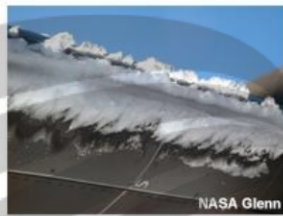
ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

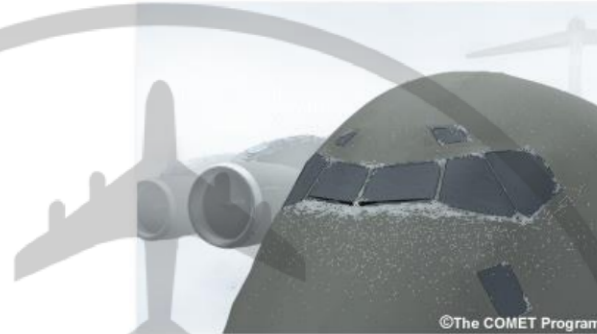
- Engelamiento



Fuerte acumulación de hielo en el ala de un avión

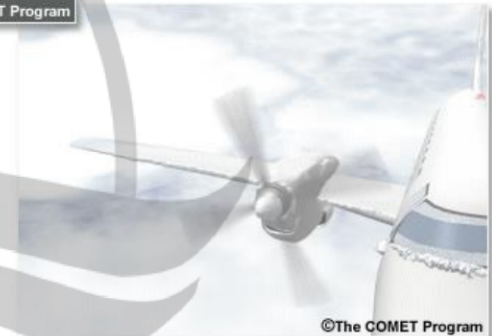


Engelamiento severo en el borde de ataque de un ala



Acumulación de hielo en la nariz de una aeronave grande

Acumulación de hielo en los planos y la nariz de una aeronave de hélices de mediano porte



NOTAS

• Turbulencia

La turbulencia, intrínseca a la capa límite y responsable de la comunicación entre la superficie y el aire, permite que rápidamente el aire adquiera las características de la superficie subyacente. Los movimientos turbulentos son complejos y consisten en una serie de remolinos (eddies), movimientos no lineales que crean movimientos caóticos, casi aleatorios.

El estudio de estos movimientos de forma individual es casi inabordable, sin embargo, si se estudian en promedio se pueden observar esquemas y similitudes que sí pueden ser medidas y descritas. Un ejemplo de turbulencia son los remolinos que son generados al incidir el flujo de aire húmedo sobre obstáculos geográficos.

NOTAS



- **Turbulencia**

Nos centraremos en los movimientos de escala temporal del orden de una hora o menos y la espacial del orden de 20 a 200 metros.

En un cuadro resumen de las diferentes escalas espaciales, nos centramos en la microescala, la parte inferior de las escalas de movimiento horizontal en la atmósfera.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Turbulencia

La turbulencia puede ser generada por diferentes mecanismos y cada uno de estos procesos dará lugar a un diferente tipo de movimiento con características propias.

Los mecanismos generadores pueden ser:

La **turbulencia mecánica**, denominada también convección forzada, se genera al producirse cortante (cambio de dirección o velocidad del viento) en el seno de un flujo inicialmente no turbulento. Esta cortante tiene su origen:

- ✓ O en el rozamiento del aire con la superficie por lo que los vientos se ralentizan mucho más cerca de la superficie que por encima de ella
- ✓ o en estelas de turbulencia tras un obstáculo como árboles, edificios o islas en el seno del propio aire, lejos de obstáculos por cambios de velocidad en el flujo

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Turbulencia

La **turbulencia térmica o convectiva**, denominada también convección libre, consiste en corrientes ascendentes de aire cálido y corrientes de aire frío que descienden por efecto de la flotabilidad.

Las corrientes ascendentes de aire se forman cerca del suelo debido al calentamiento del aire próximo a la superficie. Este calentamiento provoca que el aire sea más caliente que el del entorno y se empieza a elevar por ser menos denso. Este proceso se produce en varios puntos próximos por lo cual aparecen varias corrientes ascendentes a modo de cortinas.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

• Turbulencia

La intersección de estas corrientes genera un único movimiento ascendente que podemos identificar como un **penacho** (*plume*) con un diámetro de un centenar de metros.

En niveles más altos dentro de la capa límite, estos penachos tienden a agruparse para formar corrientes ascendentes de mayor diámetro, del orden de un kilómetro, que se conocen como **térmicas**.

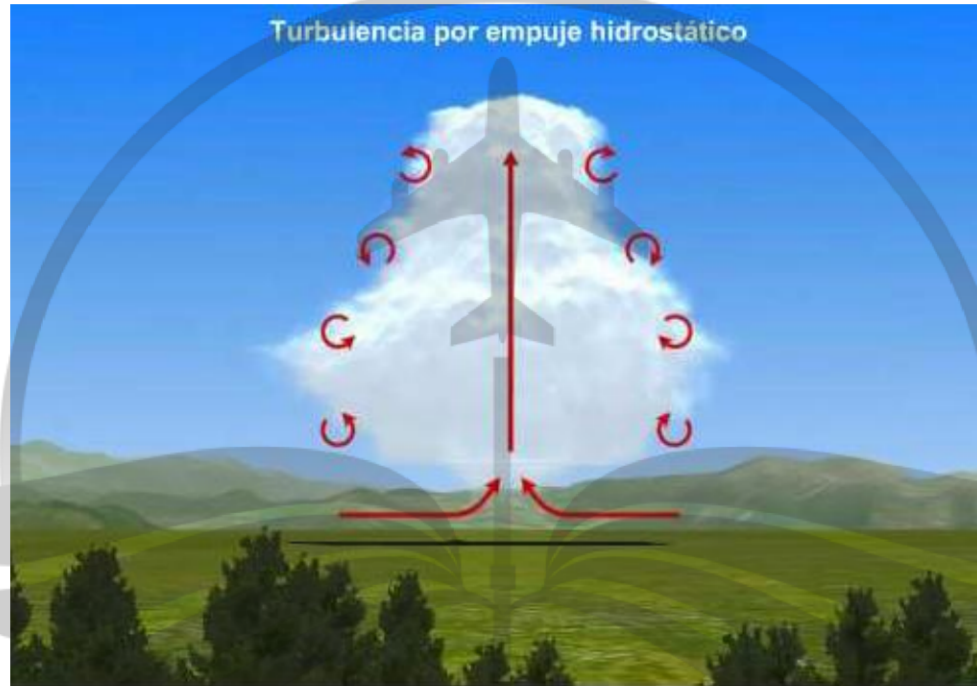
Algunas de estas corrientes ascendentes, siempre que tengan suficiente contenido de humedad para alcanzar el nivel de condensación, se hacen visibles por la formación de cúmulos.

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Turbulencia



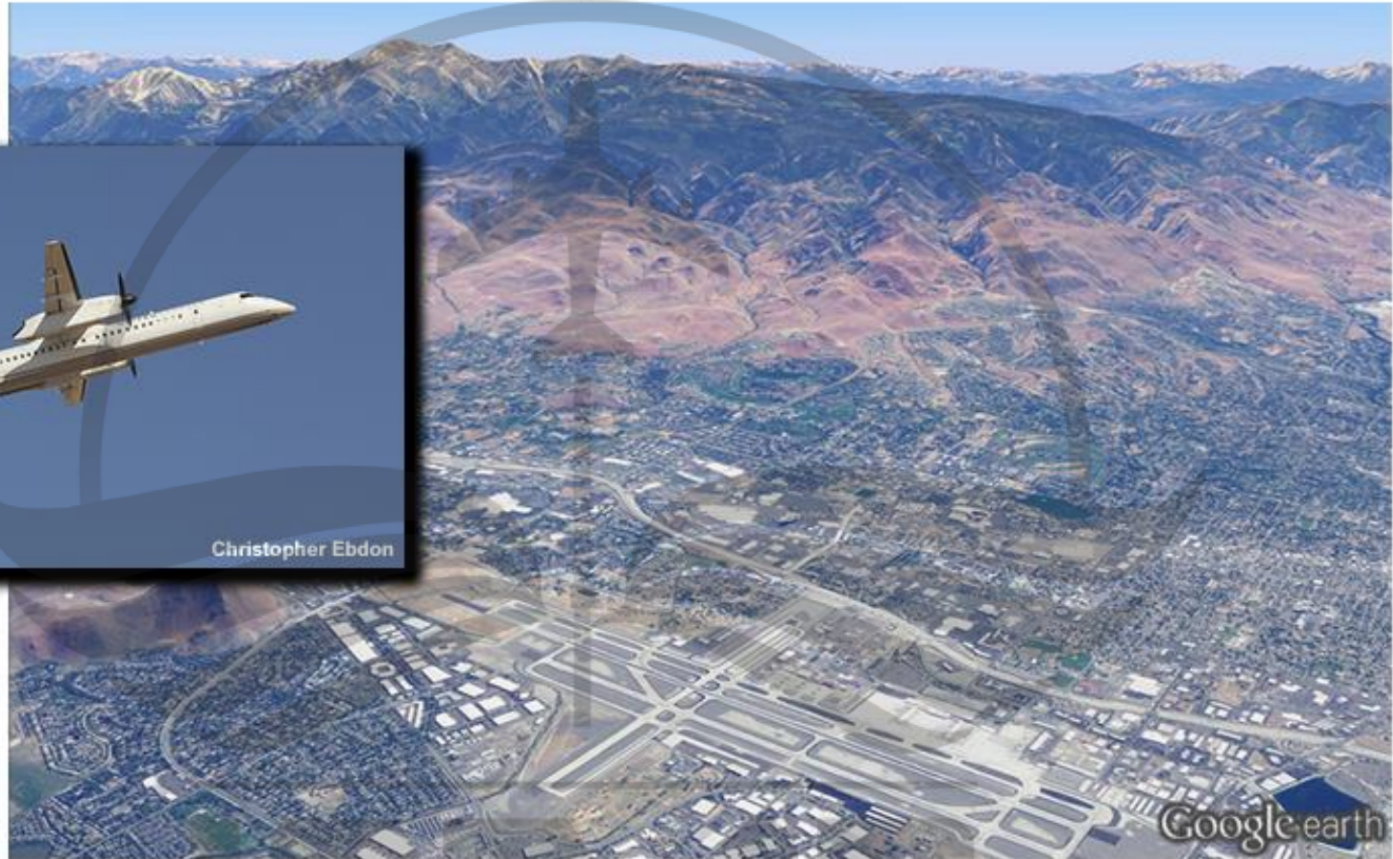
©The COMET Program

NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

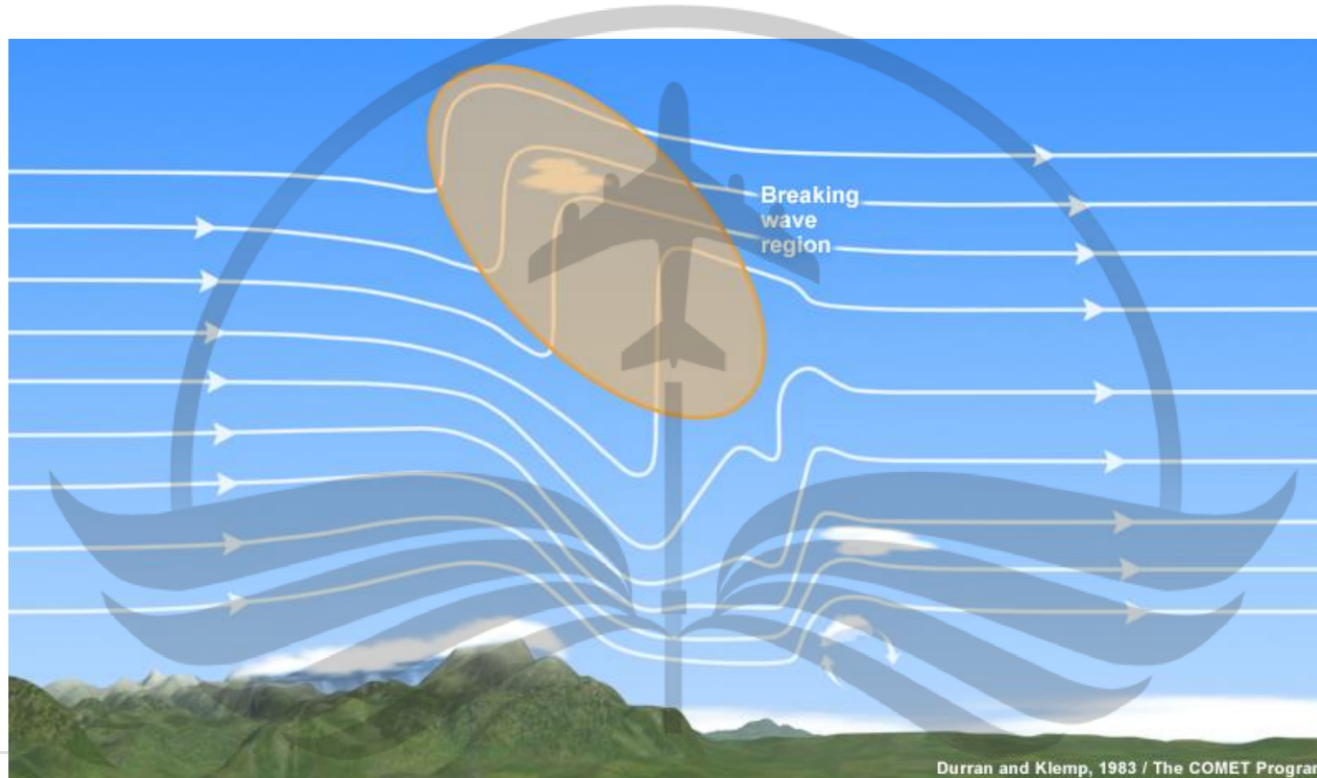
Reno/Tahoe International Airport and Bombardier DHC-8



ISEAP

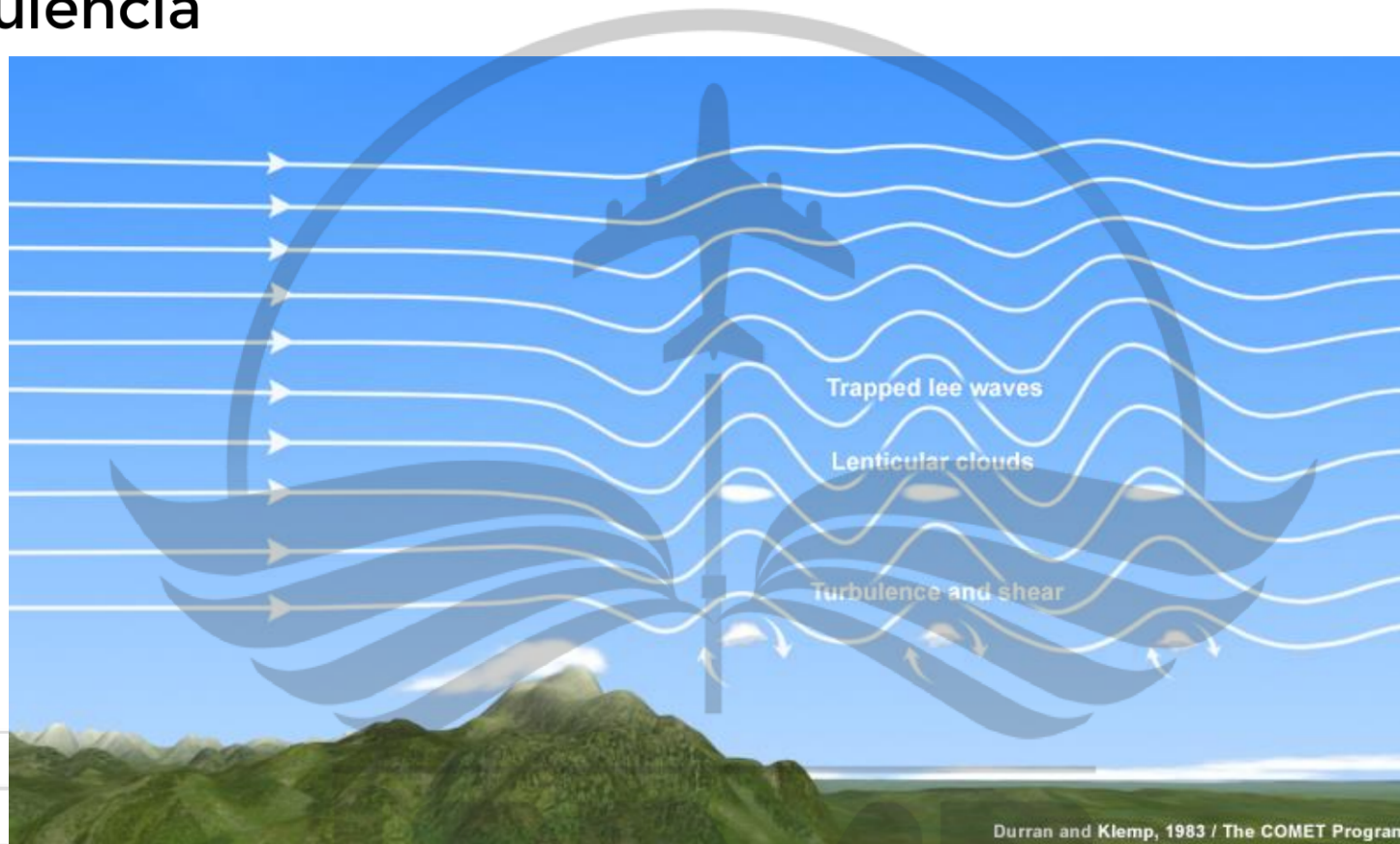
AERONAUTICAL ACADEMY

- Turbulencia



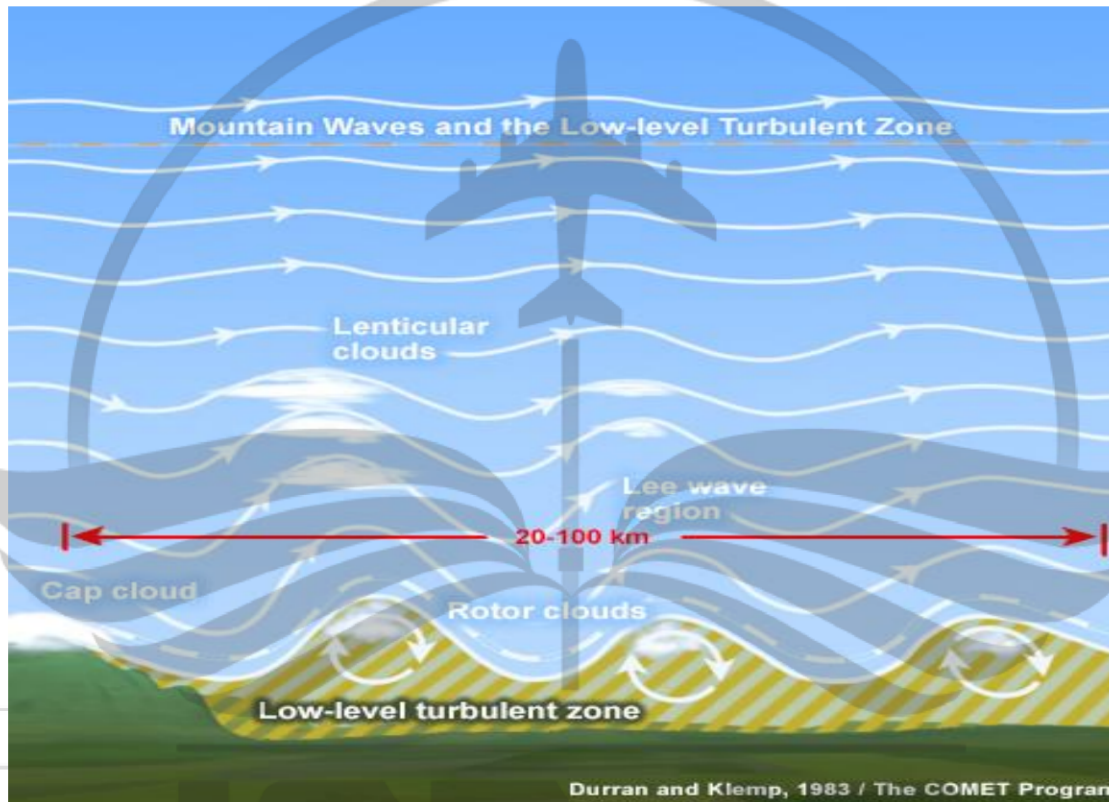
NOTAS

- Turbulencia



NOTAS

- Turbulencia

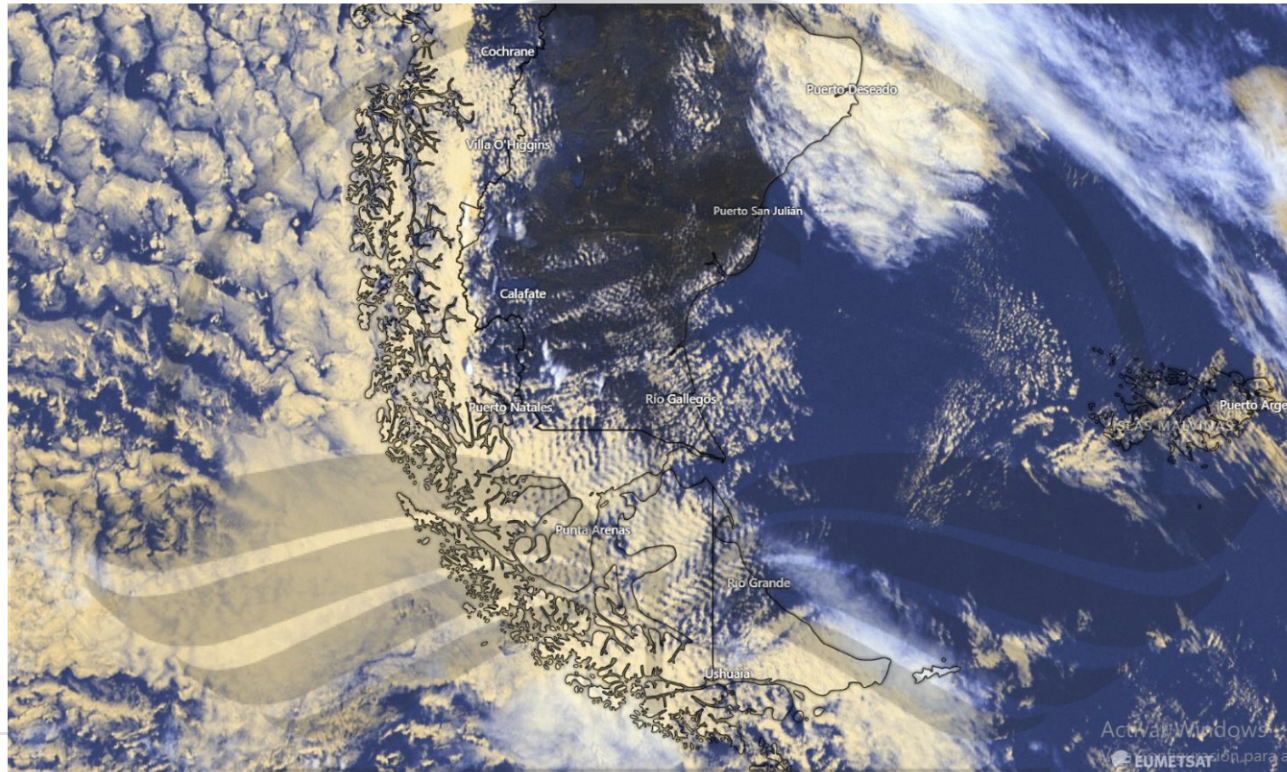


NOTAS

ISEAP

AERONAUTICAL ACADEMY

- Turbulencia



NOTAS



¿Preguntas?

Juan Martín Del Oso

juanmartindeloso@gmail.com