



# Meteorología y Atmósfera

# MODULO 1

- Meteorología – Meteorología Aeronáutica
- Atmósfera terrestre
- Atmósfera estándar internacional (ISA)



# Meteorología



La **Meteorología** es la disciplina que se ocupa del estudio de los fenómenos atmosféricos, las propiedades de la atmósfera y especialmente la relación con el tiempo atmosférico, la superficie de la tierra y los mares.

## **Etimología - Origen**

Etimológicamente viene del griego «μετεωρολογία» (meteorología); formado por «μετεωρος» (meteoros) meteoros y del sufijo «logía» del griego «λογία» que indica estudio, tratado o ciencia.

La **meteorología** es una disciplina científica y técnica que se encarga de estudiar y predecir los diversos fenómenos que se producen en la atmósfera.

Desarrolla métodos para predecir acertadamente la **ocurrencia, evolución y extinción de los fenómenos atmosféricos** y así prever sus efectos en actividades económicas y sociales.

se divide en:

**Pura:** orientada al área de la investigación - meteorología física, sinóptica, dinámica, tropical, polar, etc.

**Aplicada:** orientada hacia una actividad humana - meteorología marítima, **aeronáutica**, agrícola, bioclimatología, salud, turismo, etc.



La **Meteorología Aeronáutica** es la rama de la meteorología aplicada a la aviación y se refiere básicamente a la seguridad, la economía y la eficiencia de los vuelos.



**AEROIN**  
Foto por Luís Alberto Neves

# OMM N° 49\_Vol 2

El Reglamento Técnico ha sido establecido por el Congreso Meteorológico Mundial, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 8 del Convenio.

Los objetivos del presente Reglamento:

- Facilitar la cooperación entre los miembros en materia de meteorología e hidrología;
- Satisfacer, de la forma más eficaz posible, necesidades específicas en los diversos campos de aplicación de la meteorología y de la hidrología operativa en el plano internacional;
- Velar adecuadamente por la uniformidad y la normalización de las prácticas y los procedimientos empleados para alcanzar los objetivos enunciados en a) y b).

## Reglamento Técnico

Documentos Fundamentales N° 2

Volumen II – Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional

Edición de 2018  
Actualización de 2021



ORGANIZACIÓN  
METEOROLÓGICA  
MUNDIAL

OMM-N° 49

AGUA  
CLIMA  
TIEMPO



## Anexo 3 - OACI

La finalidad del servicio meteorológico prescrito en el Anexo 3 consiste en contribuir a la seguridad, eficiencia y regularidad de la navegación aérea. Para ello se proporciona a los explotadores, miembros de las tripulaciones de vuelos, dependencias de los servicios de tránsito aéreo, y de los servicios de búsqueda y salvamento, administraciones aeroportuarias y demás interesados, la información meteorológica necesaria.



# RAB 93

En Bolivia el principal documento donde se asienta la actividad meteorológica aeronáutica es la RAB 93 Reglamento sobre el **servicio meteorológico aeronáutico** para todos los vuelos, nacionales e internacionales que salgan, entren o sobrevuelen el espacio aéreo boliviano; conforme a la **LEY No. 2902.**



REGLAMENTACION  
AERONAUTICA  
BOLIVIANA

## RAB 93

Reglamento sobre el Servicio Meteorológico  
Aeronáutico

Quinta Edición, Enmienda 6, R.A. N° 239 de 10/12/2020

**Aplicabilidad:**

Esta edición reemplaza, desde el 15 de diciembre de 2020, todas las ediciones anteriores del RAB 93.

# MPMA

Establece los Procedimientos Meteorológicos Aeronáuticos PMET para la elaboración, utilización y difusión de la información meteorológica aeronáutica por el suministrador del servicio meteorológico aeronáutico (NAA BOL) y por los usuarios.



## Manual PMET

### Procedimientos Meteorológicos Aeronáuticos Volumen 1

Quinta edición, Enmienda 6, R.A. N° 239 de 10/12/2020

**Aplicabilidad:**

Esta edición reemplaza, desde el 15 de diciembre de 2020, todas las ediciones anteriores del Manual PMET Volumen 1.

# Otros documentos:



Doc 8896

Manual de métodos meteorológicos aeronáuticos

Undécima edición, 2017



Aprobado por la Secretaría General y publicado bajo su responsabilidad

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL

Doc 9377  
AN/915



**Manual sobre coordinación  
entre los servicios de tránsito  
aéreo, los servicios de información  
aeronáutica y los servicios  
de meteorología aeronáutica**

Aprobado por el Secretario General  
y publicado bajo su responsabilidad

Sexta edición — 2014

Organización de Aviación Civil Internacional

# Relación entre la OMM - OACI



La relación formal entre la **OMM** y la **OACI** se inicia el 1° de enero de 1954 y sus arreglos de trabajo están concertados en el documento:

**“MODUS VIVENDI (DOC. OACI 7475/2)”**

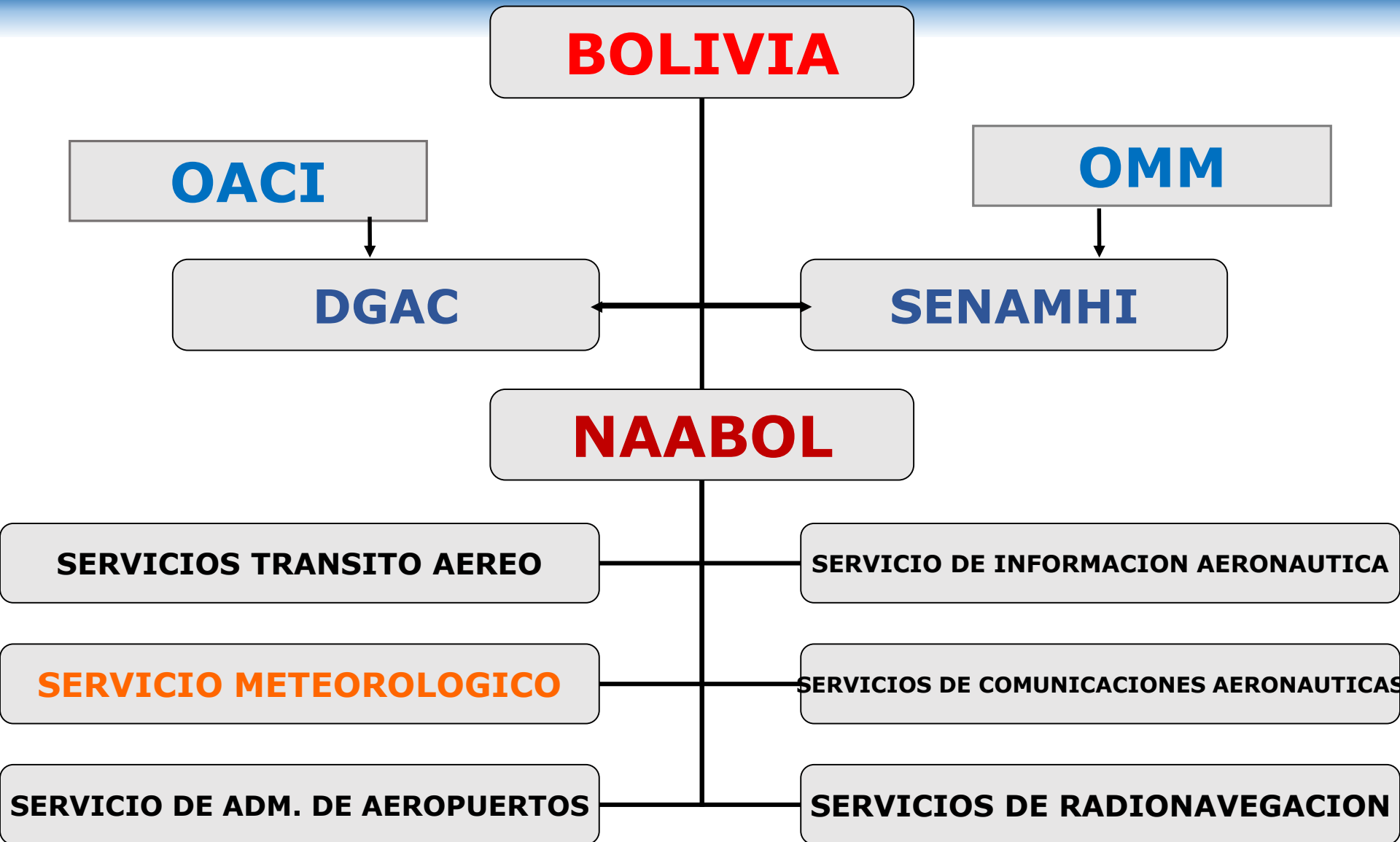
En ese sentido las directrices de la gestión de la meteorología aeronáutica proviene de dos organizaciones mundiales dependientes de la ONU.

- Como OACI la DGAC
- Como OMM al SENAMHI

Como prestadora de servicios (meteorología aeronáutica) – NAABOL

“Navegación Aérea y Aeropuertos Bolivianos”





¿Que objeto tiene, desde el punto de vista de nuestra vida cotidiana, el llegar a comprender a los fenómenos atmosféricos?



Cuando apareció la aeronave y muy posteriormente el aumento de autonomía, velocidad, altitud de crucero y el aumento de frecuencia de los vuelos, fueron los factores determinantes para el desarrollo de la **meteorología aeronáutica**.



La Meteorología Aeronáutica es la rama de la meteorología aplicada a la aviación y que se refiere básicamente a la seguridad, la economía y la eficiencia de los vuelos.



# Seguridad de la aviación

Depende en gran medida de la calidad de la información meteorológica y su oportuna disponibilidad.

Depende del conocimiento que tengan las tripulaciones y operadores sobre el manejo de la información meteorológica.

## RAB 93 - Subparte B Disposiciones generales

### 93.21 Finalidad, determinación y suministro del servicio meteorológico aeronáutico

- (a) La finalidad del servicio meteorológico para la navegación aérea nacional e internacional será contribuir a la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea nacional e internacional.
- (b) Se logrará esta finalidad proporcionando a los siguientes usuarios: Explotadores, miembros de la tripulación de vuelo, dependencias de los servicios de tránsito aéreo, dependencias de los servicios de búsqueda y salvamento, administraciones de los aeropuertos y demás interesados en la explotación o desarrollo de la navegación aérea nacional e internacional, la información meteorológica necesaria para el desempeño de sus respectivas funciones.

- (c) Este Reglamento determina el servicio meteorológico que se suministrará para satisfacer las necesidades de la navegación aérea nacional e internacional. Esta determinación es conforme a las disposiciones del Anexo 3 y de conformidad con los acuerdos regionales de navegación aérea.
- (d) La AAC designará la autoridad, denominada en adelante “Autoridad Meteorológica”, para que, en su nombre, haga arreglos para que se suministre servicio meteorológico para la navegación aérea nacional e internacional. En la publicación de información aeronáutica de Bolivia se incluirán detalles sobre la autoridad meteorológica de este modo designada.

*Nota.- En los PANS-AIM (Doc 10066), Apéndice 2, figuran especificaciones detalladas acerca de la prestación y contenido de la publicación de información aeronáutica.*



- (e) La AAC se asegurará de que la autoridad meteorológica designada cumple los requisitos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en cuanto a calificaciones del personal meteorológico que suministra servicios para la navegación aérea nacional e internacional.



# Atmósfera terrestre

La Tierra es el único Planeta cuya atmósfera puede sostener la vida tal como se conoce. Los fenómenos que en ella ocurren, en cualquier momento o lugar, influyen notablemente en la rutina diaria como asimismo en la vida en general.

Los fenómenos atmosféricos son complejos y a veces difíciles de entender. La atmósfera es activa, se encuentra en constante movimiento esforzándose en lograr un equilibrio.

# Atmósfera terrestre

La atmósfera terrestre es una fina envoltura gaseosa que rodea la tierra, esa envoltura esta constituida por el aire, que es una mezcla de gases y vapores conteniendo en suspensión partículas sólidas finamente divididas, que se concentran en los primeros 15 kilómetros cercanos a la superficie terrestre.



# Esencia de la Atmósfera

La composición del aire que respiramos y sus propiedades no sólo son esenciales para la vida de plantas, animales y humanos, sino que también definen el **tiempo** y el **clima** de la Tierra.



# El aire es incoloro, inoloro e invisible

Si miramos hacia arriba en un día despejado sólo vemos un cielo azul.

Sin embargo, midiendo la **temperatura** podemos ver cómo **va cambiando** a medida que subimos desde el suelo hasta unos 800 km. de altitud.

Por eso, aunque no las veamos, sabemos que existen varias capas distintas en la atmósfera.





# La atmósfera vista desde la superficie de la tierra





# La atmósfera vista desde el espacio



# Composición de la atmósfera

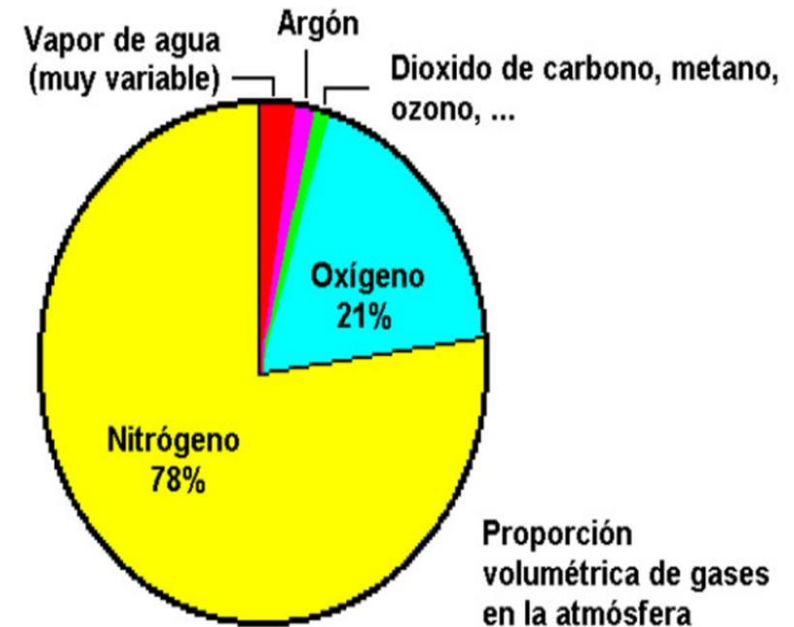
La composición gaseosa de la atmósfera ha ido cambiando gradualmente a lo largo de millones de años en la misma medida que ha evolucionado la Tierra.

En la actualidad, el **aire seco** tiene una composición bastante uniforme en los primeros niveles y muestra una estructura en capas con características bien definidas.

# Componentes de la atmósfera seca

Cuando el aire está completamente seco, se compone de esta mezcla de gases:

- 78% de nitrógeno
- 21% de oxígeno
- 1% de otros gases.



# Composición de la atmósfera

Gases Permanentes			Gases Variables			
Gas	Símbolo	Porcentaje (en volumen)	Gas y partículas	Símbolo	Porcentaje (en volumen)	ppm
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78.08	Vapor de agua	H <sub>2</sub> O	0 a 4	
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20.95	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0.037	368
Argón	Ar	0.93	Metano	CH <sub>4</sub>	0.00017	1.7
Neón	Ne	0.0018	Oxido de Nitrógeno	N <sub>2</sub> O	0.00003	0.3
Helio	He	0.0005	Ozono	O <sub>3</sub>	0.000004	0.04
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0.00006	Partículas		0.000001	0.01-0.15
Xenon	Xe	0.000009	CFC <sub>s</sub>		0.00000002	0.0002

Tabla 2.1. Composición de la atmósfera en las proximidades de la superficie terrestre

# Composición de la atmósfera húmeda

En la naturaleza, el aire nunca está completamente seco.

Siempre contiene vapor de agua en cantidades que varían desde 0% hasta alrededor de 4% del volumen de una muestra.

A medida que el contenido del vapor de agua aumenta, los otros gases disminuyen proporcionalmente.



## Vapor de agua

Uno de los constituyentes mas importantes, es el elemento básico de la mayor parte de los procesos meteorológicos, además es un agente eficaz en el transporte de calor y regulador térmico.

Se encuentra concentrado en las capas más bajas de la troposfera, cuya cantidad depende de las condiciones climatológicas y la localización geográfica, pudiendo variar entre el 0% y el 4%.



## Características de la atmósfera

Este elemento gaseoso que denominamos aire tiene masa, peso y una forma indeterminada.

Es capaz de fluir, y cuando está sujeto a cambios de presión cambia su forma debido a la carencia de una fuerte cohesión molecular, es decir, tiende a expandirse o contraerse ocupando todo el volumen del recipiente que lo contiene.

Dado que el aire tiene masa y peso, está sujeto y reacciona a las leyes físicas de la misma manera que otros cuerpos gaseosos.

## Parámetros que caracteriza a la atmósfera

Aunque este elemento gaseoso que denominamos aire tiene muchas propiedades importantes, en esta primera parte nos interesará centrarnos en las características básicas que definen su comportamiento como fluido:

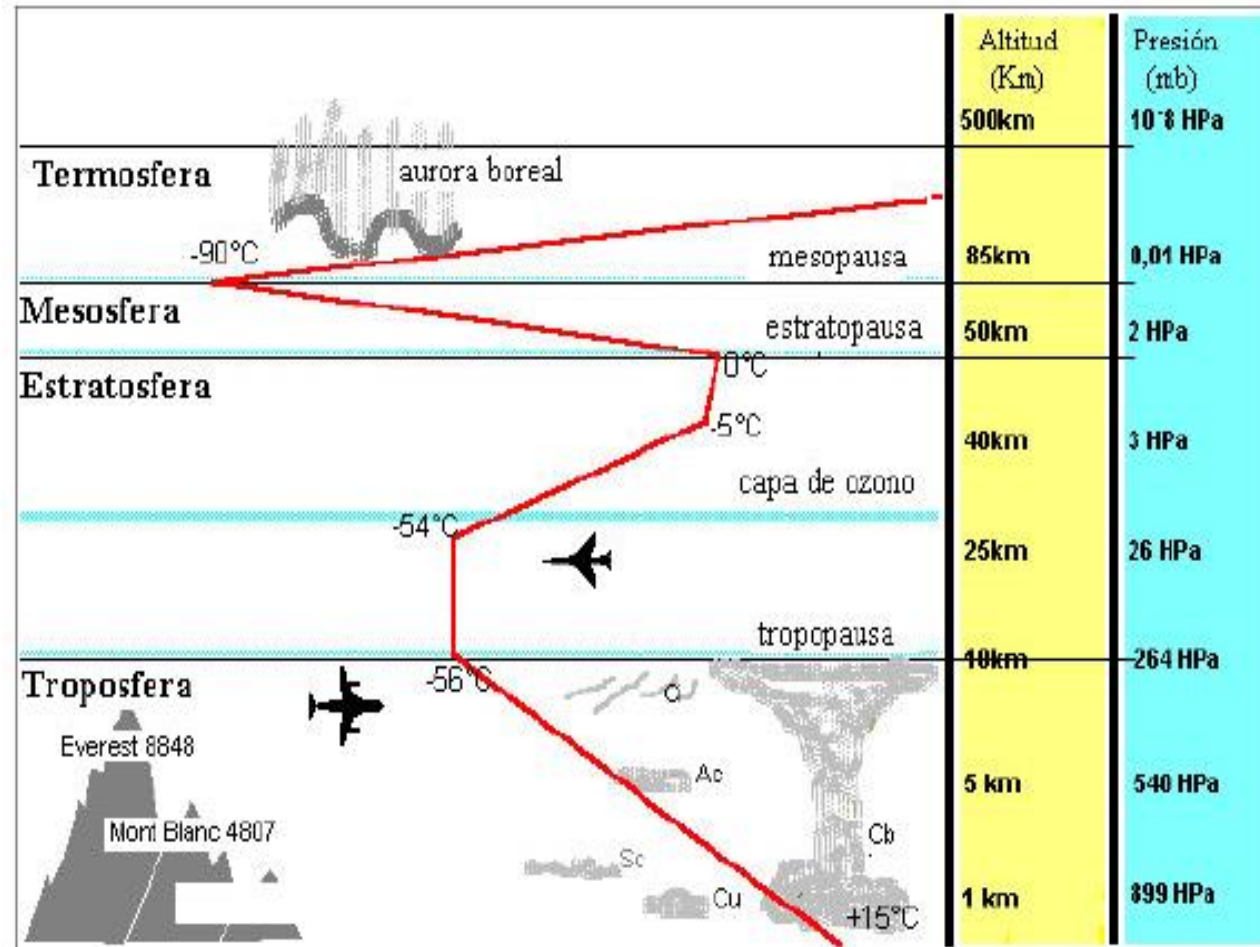
presión, temperatura y densidad.

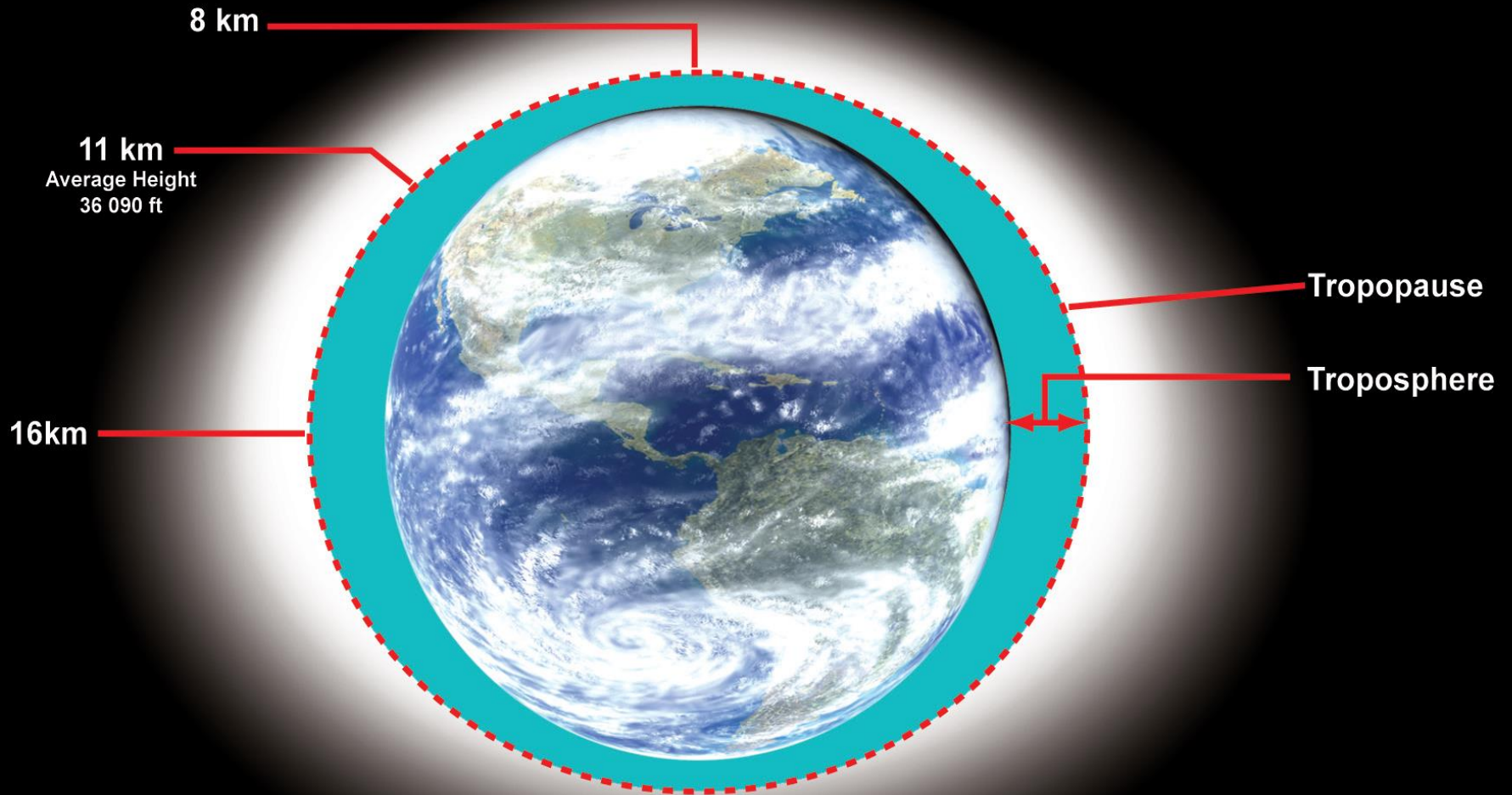
Estos tres conceptos están íntimamente relacionados y afectan de forma muy importante en su dinámica y por ejemplo al vuelo de las aeronaves.

# Estructura térmica de la atmósfera en altitud

La atmósfera se divide en capas:

- Troposfera
- Estratosfera
- Mesosfera
- Termosfera
- Exosfera





# Tropósfera

La altitud de la troposfera varía con la latitud y las estaciones del año.

La altitud es de aproximadamente 20.000 pies (6.000 m.) sobre los polos y de alrededor de 65.000 pies (20.000 m.) sobre el ecuador.





En esta capa, se **producen los procesos atmosféricos** y tiene lugar nuestra meteorología (frentes, nubes, etc.), que dan origen a las variaciones meteorológicas y a los climas asociados, es normalmente el área donde se vuela.

En la actualidad se tiene un seguimiento diario de la variación de la temperatura con la altura, con la ayuda de diversos métodos, como por ejemplo, radiosondas y ecosondas.



# Estratósfera

La estratosfera se caracteriza por la presencia de una capa más o menos isotermal directamente por encima de la tropopausa, posteriormente la temperatura aumenta con la altitud, la cual se estima que está situada a una altitud de 50 Km.

La concentración del ozono es máxima entre 20 y 25 Km. de altitud.

Tanto la formación como la destrucción del ozono, se efectúa por reacciones fotoquímicas.

La gran absorción de rayos ultravioleta que tiene lugar, explica la elevación considerable de la temperatura en esas capas.



<https://www.rtve.es/play/videos/telediario/baumgartner-logra-romper-barrera-del-sonido-su-salto-estratosferico/1551665/>

<https://www.youtube.com/watch?v=vEOLJxJPTD8>

# Mesósfera

En la mesosfera, la temperatura decrece de nuevo cuando se asciende. A los 80 Kms. de altitud se encuentra su límite superior llamado mesopausa.

La densidad del aire en la mesosfera es mínima, A pesar de su extensión, esta capa contiene solamente alrededor del 1 % de la masa total de la atmósfera.

La región es demasiado alta para los jets, demasiado baja para los satélites e inaccesible para los globos meteorológicos, lo que la convierte en la capa de la atmósfera menos comprendida.

En ella se deterioran las estrellas fugaces que van a la Tierra incitando destellos de luz llamados “estrellas fugaces”.



# Termósfera

Su característica principal es el aumento continuo de la temperatura con la altura, que alcanza 800 °C hacia los 800 km. de altitud.

La influencia de partículas electrizadas juega un papel predominante, dando lugar a la presencia de capas ionizadas, que tienen la propiedad de reflejar las ondas radioeléctricas.

Gracias a este fenómeno, ciertas estaciones emisoras pueden ser recibidas en lugares donde, por causa de la curvatura de la Tierra, no serían directamente perceptibles.



la termosfera ayuda a proteger y a regular la temperatura de la Tierra al **absorber** parte de la **radiación UV** y los **rayos X** emitidos por el Sol.

Una **aurora boreal** es un fenómeno digno de admirar que emite rayos llenos de luz sin causar algún aumento en la atmósfera, y se produce cuando se da una expulsión de masa solar que choca con los polos de la parte externa de la atmósfera en la cual se produce la luz difusa compuesta de partículas protónicas encargadas de difundir el color.





# Capas intermedias de la atmósfera

Entre todas las capas existen determinados puntos en los que cambia la tendencia de la temperatura.

Se denominan "**pausas**".

Entre la troposfera y la estratosfera se encuentra la **tropopausa**.

Entre la estratosfera y la mesosfera está la **estratopausa**.

La **mesopausa** se encuentra entre la mesosfera y la termosfera.

La capa de transición entre la termosfera y el espacio se llama **termopausa**.

# ¿Cuál el interés de la aeronáutica por la meteorología?

Los vuelos de las aeronaves se desarrollan en la atmósfera y desplazan grandes distancias transportando pasajeros y carga.

Depende de las condiciones atmosféricas que se presenta en un momento determinado, para que un vuelo llegue a ser continuado y terminado.

# Aviación

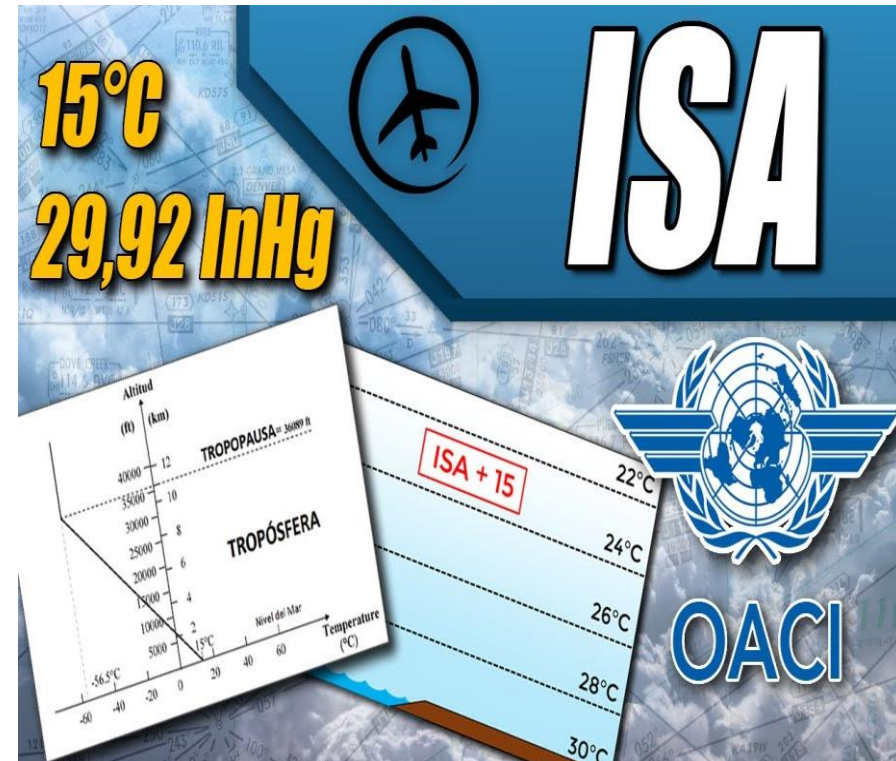
Los aviones generalmente suelen volar entre 9 y 12 kilómetros de altitud

Las tripulaciones deben conocer el comportamiento de la atmósfera en un momento determinado para realizar un vuelo seguro, regular y eficiente.



# ISA - International Standard Atmosphere

Atmósfera Estándar Internacional o International Standard Atmosphere , más conocida por sus siglas ISA, es un modelo atmosférico terrestre **invariante** que sirve para estimar las propiedades atmosféricas en función de la altitud, creado por la Organización de Aviación Civil Internacional (**OACI**). Se utiliza principalmente en la **navegación aérea**.



# ISA

Doc 7488/3

MANUAL OF THE  
ICAO STANDARD ATMOSPHERE  
*extended to 80 kilometres (262 500 feet)*

MANUEL DE  
L'ATMOSPHERE TYPE OACI  
*élargie jusqu'à 80 kilomètres (262 500 pieds)*

MANUAL DE  
LA ATMÓSFERA TIPO DE LA OACI  
*ampliada hasta 80 kilómetros (262 500 pies)*

РУКОВОДСТВО  
ПО СТАНДАРТНОЙ АТМОСФЕРЕ ИКАО  
*с верхней границей, поднятой до 80 километров (262 500 футов)*



THIRD EDITION — TROISIÈME ÉDITION  
TERCERA EDICIÓN — ТРЕТЬЕ ИЗДАНИЕ

1993

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION  
ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE  
ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Puesto que la atmósfera real nunca permanece constante en ningún momento o lugar en particular, se debe emplear un **modelo hipotético** como una **aproximación** a lo que se puede esperar.

La Atmósfera Estándar Internacional se define en el **Documento 7488/2** de la **OACI**.

El modelo supone que la atmósfera es un gas ideal que se encuentra en equilibrio hidrostático en presencia de un campo gravitatorio uniforme de valor absoluto  $g$ . La referencia de altitud  $h = 0$  es el nivel del mar. Las tres propiedades más significativas de la atmósfera (la presión  $p$ , la densidad ( $\rho$ ) y temperatura  $T$ ) están ligadas con la altitud  $h$  por un sistema de tres ecuaciones.

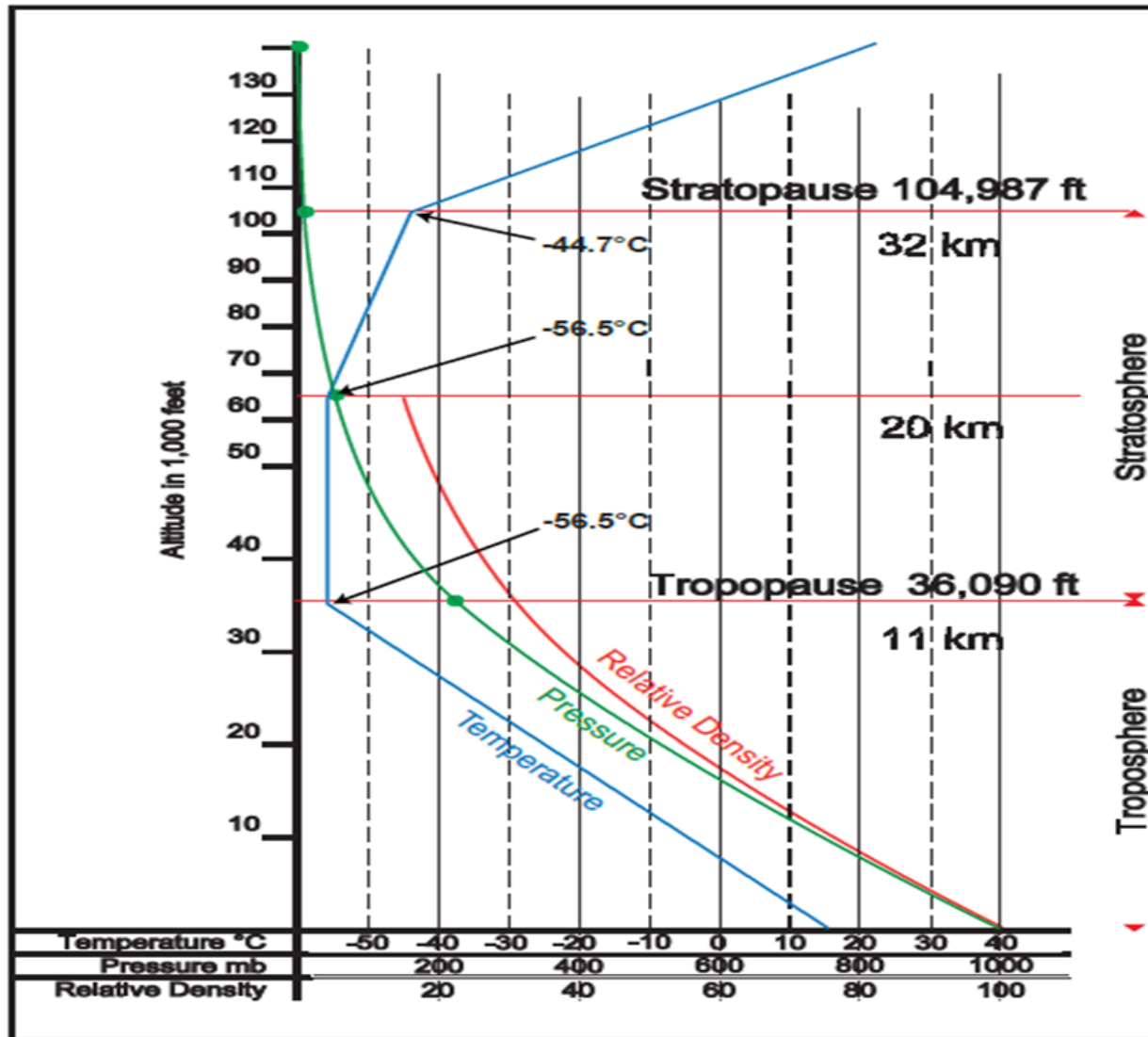
\* La primera de estas ecuaciones es la de estado del gas ideal:

$$p = \rho RT$$

\* La segunda ecuación es la ecuación diferencial del equilibrio hidrostático:  $dp/dh + \rho g = 0$

\* La tercera ecuación variación de la temperatura con la altitud





The International Standard Atmosphere (ISA)

# Principales Características de la ISA

Aire: Seco

Latitud: 45°

Nivel: mar

Temperatura del nivel del mar: 15°C

Gradiente térmico: 2°C/1000 ft. o 6.5°C/1000 m.

Altitud: 20.000 m. (11.000m a troposfera, tropopausa 11.000 a 20.000 m)

Tropopausa: -56.5°C

Presión a nivel del mar: 1013,2 hPa o 760 mm Hg o 29,92 pulgadas. Hg  
1hPa: 30 ft. o 9 m.

Densidad del aire: 1,225 kg/m<sup>3</sup>

# ISA

Presión (hPa)	Altitud de presión (PA)		FL = PA/100
	(pies)	(metros)	
200	38.661	11.784	390
250	34.000	10.363	340
300	30.066	9.164	300
500	18.287	5.574	180
850	4.813	1.467	50
1.013	0	0	0

# Desviación ISA

Aunque las observaciones meteorológicas se realizan en cifras absolutas, es habitual, a la hora de realizar cálculos relacionados con el rendimiento de la aeronave o correcciones a los instrumentos, para considerarlos en relación con la ISA.

Estas se conocen como “**desviaciones ISA**”. Si, por ejemplo, la temperatura observada fuera 5°C más cálida que la esperada en el ISA, entonces la desviación se describiría como **ISA+5**.

Para las temperaturas siguientes, calcule las desviaciones ISA:

Height (ft)	Temperature (°C)	ISA Temperature	ISA Deviation
1,500	+28		
17,500	-18		
24,000	-35		
37,000	-45		
9,500	-5		
5,000	+15		
31,000	-50		
57,000	-67		

**P1:** Si la desviación límite para su aeronave en un aeródromo a 5000 pies AMSL es ISA+10, ¿cuál es la temperatura máxima a la que puede operar?

**P2:** Si la desviación a 3500 pies es ISA+12, ¿cuál es la temperatura ambiente?



# Gracias