

La Atmósfera Estándar Internacional. Su utilidad en aviación

José Miguel Viñas

Artículo original publicado en www.tiempo.com



La seguridad de los vuelos depende en gran medida de las medidas altimétricas, que toman como referencia una atmósfera teórica conocida como ISA (Atmósfera Estándar Internacional).

La naturaleza gaseosa de la atmósfera la convierte en un medio muy complejo, dotado de una incesante dinámica, que provoca cambios constantes en sus propiedades, lo que dificulta su estudio. Para conseguirlo se recurre a una simplificación de la misma, que se postula teóricamente y sirve como referencia tanto en el ámbito meteorológico como el de la aviación. Esa atmósfera teórica se conoce como atmósfera tipo o estándar.

En 1922, la antigua NACA (National Advisory Committee Aeronautics) –precursora de la NASA– propuso el modelo de Atmósfera Estándar Internacional, conocido por la sigla ISA (*International Standard Atmosphere*), que con el paso del tiempo fueron adoptando distintos organismos internacionales –como la OACI (Organización Internacional de Aviación Civil) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial). En los más de 100 años transcurridos, se ha visto sometida a distintas modificaciones y extensiones de su uso.

La baja atmosfera teórica

Los aviones comerciales vuelan en la troposfera, que es la capa inferior de la atmósfera y que en latitudes medias se extiende desde la superficie terrestre hasta los 11 o 12 km de altitud. Sus niveles de crucero se sitúan en los niveles altos troposféricos, en el entorno de la tropopausa, que es la zona fronteriza entre la citada troposfera (abajo) y la estratosfera (arriba).

En la atmósfera ISA las condiciones al nivel del mar son una presión de 1013,25 hPa, una densidad del aire de 1,225 kg/m³ y una temperatura de 15 °C, o de forma equivalente 288,15 K, usando la escala Kelvin de temperatura absoluta. La Atmósfera Estándar Internacional fija el tope de la troposfera en latitudes medias a 11 km y establece en toda ella un gradiente térmico vertical de -0,65 K/100 m, lo que da como resultado una temperatura de -56,5 °C en la tropopausa, a esos 11 km de altitud.

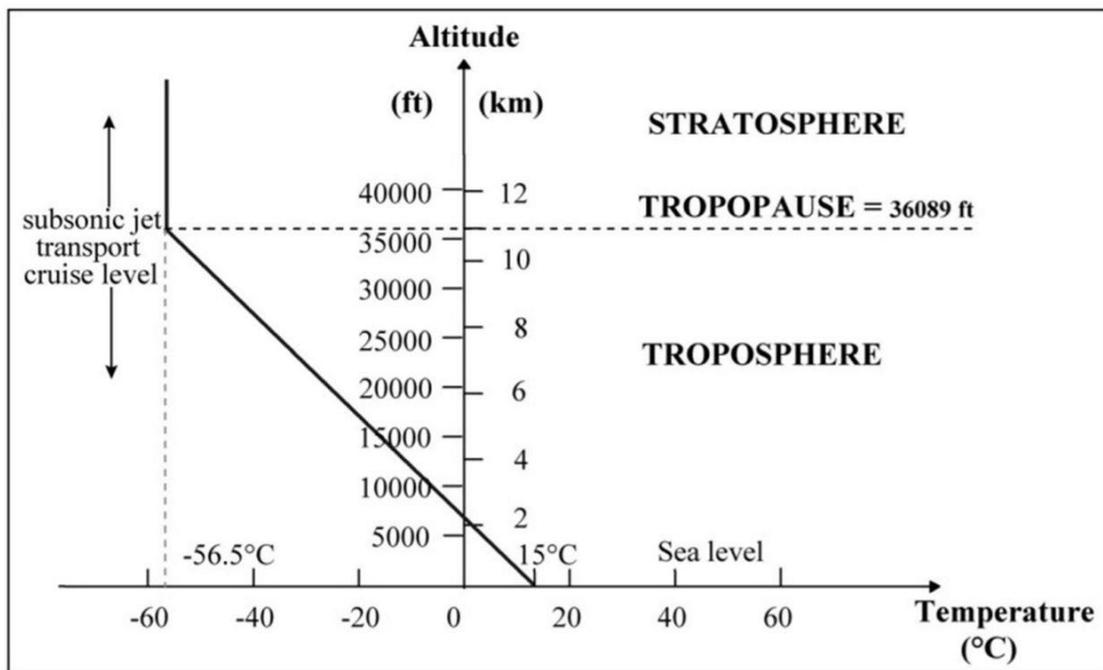


Figure 1 International Standard Atmosphere temperature variation [2].

Variación altitudinal de la temperatura en la troposfera y la baja estratosfera según la atmósfera ISA.

Fuente: Cranfield University

Los niveles de vuelo en los que se desplazan los aviones están preestablecidos y toman como referencia los 1013,25 hPa que tiene la presión atmosférica al nivel del mar en la atmósfera estándar. Esta referencia altimétrica se conoce en aeronáutica como el QNE y la utilizan todos los pilotos cuando vuelan por encima de la llamada altitud de transición, que en entornos de aeropuertos sin grandes obstáculos montañosos suele situarse a 6.000 pies (unos 1800 m).

Este reglaje del altímetro garantiza que no se produzcan colisiones en ruta, ya que cualquiera que sea el nivel de vuelo elegido, la referencia de presión será la misma, lo que siempre permite que haya una separación mínima de seguridad entre dos niveles de

vuelo contiguos. Estos podrán acercarse o separarse (en función de cuáles sean las condiciones meteorológicas reinantes), pero en ningún caso se solaparán.

El comportamiento teórico más arriba

El modelo teórico de atmósfera no se limita a la parte baja, donde vuelan los aviones. Se extiende hasta la mesopausa, que queda fijada a 86 kilómetros de altitud. Según la ISA, entre los 11 y los 20 km de altitud la temperatura se mantiene constante: Ese tramo de la baja estratosfera se identifica con la tropopausa. En la estratosfera encontramos otros dos tramos con diferentes gradientes térmicos verticales. En el primero de ellos –entre los 20 y los 32 km de altitud– la temperatura aumenta a razón de 1 K/km, mientras que por encima –entre los 32 y los 47 km– el gradiente térmico vertical sigue siendo positivo, pero es de mayor magnitud: +2,8 K/km.

El aumento de la temperatura con la altitud en la mayor parte de la estratosfera obedece a la elevada concentración que tiene allí el ozono (O₃). La absorción de la radiación ultravioleta de tipo C (la de menor longitud de onda y más energética) y de la mayor parte de la de tipo B, da como resultado el calentamiento observado. Finalmente, entre los 47 y los 51 km de altitud se sitúa la estratopausa, ya en los dominios de la mesosfera, volviendo allí a no variar la temperatura al ascender.

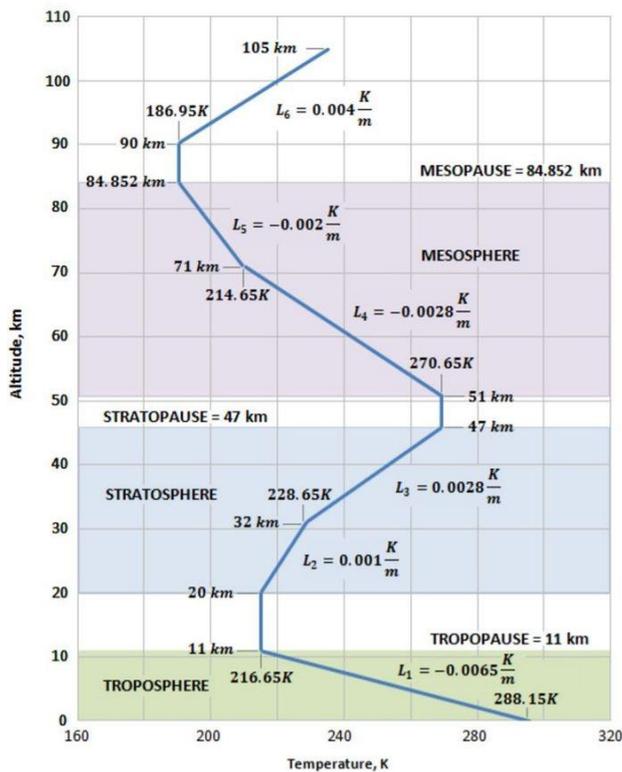


Table 1-5. Standard atmosphere.

H (km)	T (°C)	P (kPa)	ρ (kg m ⁻³)
-1	21.5	113.920	1.3470
0	15.0	101.325	1.2250
1	8.5	89.874	1.1116
2	2.0	79.495	1.0065
3	-4.5	70.108	0.9091
4	-11.0	61.640	0.8191
5	-17.5	54.019	0.7361
6	-24.0	47.181	0.6597
7	-30.5	41.060	0.5895
8	-37.0	35.599	0.5252
9	-43.5	30.742	0.4664
10	-50.0	26.436	0.4127
11	-56.5	22.632	0.3639
13	-56.5	16.510	0.2655
15	-56.5	12.044	0.1937
17	-56.5	8.787	0.1423
20	-56.5	5.475	0.0880
25	-51.5	2.511	0.0395
30	-46.5	1.172	0.0180
32	-44.5	0.868	0.0132
35	-36.1	0.559	0.0082
40	-22.1	0.278	0.0039
45	-8.1	0.143	0.0019
47	-2.5	0.111	0.0014
50	-2.5	0.076	0.0010
51	-2.5	0.067	0.00086
60	-27.7	0.02031	0.000288
70	-55.7	0.00463	0.000074
71	-58.5	0.00396	0.000064
80	-76.5	0.00089	0.000015
84.9	-86.3	0.00037	0.000007
89.7	-86.3	0.00015	0.000003
100.4	-73.6	0.00002	0.0000005
105	-55.5	0.00001	0.0000002
110	-9.2	0.00001	0.0000001

Izquierda: Gradiente térmico vertical teórico en la atmósfera ISA. Fuente: FlightMechanics4Pilots. Derecha: Tabla con datos de temperatura, presión y densidad en la atmósfera ISA. Fuente: University of British Columbia.

En la gráfica de la figura anexa podemos ver cuál es el comportamiento de la temperatura en toda la columna atmosférica (hasta los 100 km de altitud), con una forma de zigzag que va delimitando las distintas capas. En la mesopausa, entre los 85 y

90 km de altitud, la temperatura teórica es de 186,87 K (equivalentes a -86,28 °C) y la presión de apenas 0,003734 hPa. El aire allí arriba está muy enrarecido.

En la Atmósfera Estándar Internacional (ISA) el aire se considera que es un gas ideal o perfecto, por lo que cumple la ecuación de estado para los citados gases ($P=\rho RT$). Dicha circunstancia permite establecer distintos niveles tipo de presión (850 hPa, 700 hPa, 500 hPa, 300 hPa, 200 hPa...) a altitudes fijas. Gracias a ellos, se confeccionan mapas de altura, fundamentales tanto el análisis y la predicción meteorológica, como para los planes de vuelo.