

Calajes de Altímetro

Texto: **José Miguel Viñas** • Fotos: **Autor, salvo indicado**

En la navegación aérea resulta fundamental conocer en todo momento la altitud a la que se está volando, algo que es posible gracias al altímetro. La lectura que nos proporciona dicho instrumento es en realidad una “altura barométrica”; es decir, una altitud teórica determinada a partir de las diferencias de presión experimentadas durante el vuelo. Dicha altitud diferirá más o menos de la verdadera en función de cuáles sean las condiciones meteorológicas reinantes.



La presión atmosférica es una variable que está sometida a constantes cambios espacio-temporales. Si nos situamos en un lugar concreto de la superficie terrestre (p. ej. un aeropuerto) y medimos allí, durante cierto intervalo de tiempo, la presión del aire, comprobaremos cómo dicha variable fluctúa constantemente, incluso bajo situaciones de calma atmosférica. Dicha circunstancia dificulta bastante nuestro cometido, ya que cualquier lectura altimétrica llevará asociado un error más o menos grande, que en todo momento hemos de saber cuantificar.

Para efectuar su cálculo, los altímetros de todos los aviones se ajustan a las condiciones de presión establecidas por la llamada atmósfera tipo o estándar (ISA), que propuso la OACI en 1949 y que establece, entre otras cosas, que la presión al nivel medio del mar (MSL) toma el valor de 1013,25 hPa, equivalente a 29,92" (pulgadas de mercurio), que la atmósfera está formada por aire seco de composición química constante, y como tal verifica la ecuación de estado de los gases perfectos [1] y está en equilibrio hidrostático (cumpliéndose en este caso la ecuación [2]), y que la temperatura en la troposfera disminuye con la altura a razón de 2 °C por cada 1000 pies, teniendo 15 °C en MSL y -56,5 °C a 11 kilómetros de altura, donde queda fijada la tropopausa.

$$P = \rho RT \quad [1]$$

$$dP = -\rho g dz \quad [2]$$

Si combinamos estas dos ecuaciones (en las que P, es la presión, ρ , la densidad, $R (=0.287 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1})$, la constante del aire seco, T, la temperatura, g, la gravedad y z, la dirección que apunta hacia arriba en la atmósfera) y la ecuación resultante la integramos entre los 2 valores de presión (P_1 y P_2) que tenemos, respectivamente, en la base y el tope de una columna atmosférica de altura h, haciendo la hipótesis de que en toda ella la temperatura toma un valor constante, igual al valor medio (T_m) entre la temperatura del aire en la parte inferior y superior, obtenemos la conocida "Fórmula aproximada de Laplace":

$$h = 67,4 T_m \log \frac{P_1}{P_2} \quad [3]$$

Si consideramos como base de la columna el nivel cero (MSL), dicha ecuación nos sirve también para determinar cuál será la presión P a una determinada altitud h. En los

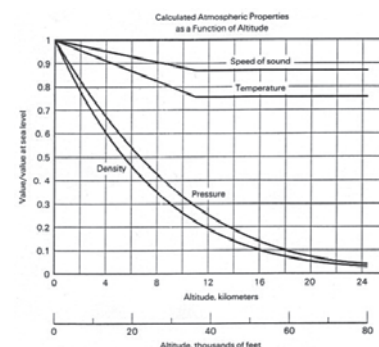
niveles más cercanos a la superficie terrestre, la presión (y de forma equivalente la densidad) disminuye muy rápido con la altura (ver figura anexa), pudiendo considerar en primera aproximación una relación lineal entre ellas. Dicha relación establece que por cada 27 pies que ascendamos por los primeros kilómetros de atmósfera, la presión disminuirá un hectopascal. Este cálculo aproximado, establecido a través de la ecuación empírica de Laplace, es el que aplican todos los altímetros.

Los altímetros de los aviones son barómetros de tipo anerode, por lo que marcan la altitud o altura en función de la presión, si bien existe también una dependencia con la temperatura del aire, tal y como establece la ecuación [1]. El instrumento compara la presión fija dentro de la cápsula anerode con la presión estática exterior, que rodea a la aeronave (no la dinámica, que sería la que resulta del "choque" del avión contra el aire y que se mide en el tubo pitot, lo que permite, junto al valor de la presión estática, determinar la IAS [Indicated Air Speed] o velocidad del avión respecto al aire).

El altímetro presenta un círculo graduado con 3 agujas, que marcan, respectivamente, los centenares, miles y decenas de miles de pies de altitud. El valor de presión que se toma como referencia se fija manualmente, con ayuda de un botón, en la llamada ventanilla de Kollsman (situada normalmente en la parte central derecha del instrumento), pudiendo estar calibrada en hectopascales (milibares) o en pulgadas de mercurio, tal y como aparece en el altímetro de la fotografía.

Existen 4 calajes distintos de altímetros, si bien uno de ellos (el QFF) ha caído en desuso, aunque dicho valor de la presión es el que se emplea para confeccionar los mapas de isobaras, ya que tiene en cuenta la influencia de la temperatura en el momento en que se efectuó la medida. Las 4 referencias de presión se identifican con sendas claves Q, cuyo origen se remonta a las primeras transmisiones telegráficas que se utilizaron en Aeronáutica. En los inicios de la telegrafía, se establecieron una serie de claves de 3 letras, cada una de las cuáles tomaba el significado de una cierta pregunta (la letra Q es precisamente la inicial de Question).

Un primer calaje que puede emplearse es el llamado QFE, que sería la presión existente al nivel de



referencia del aeródromo. Si cuando iniciamos la aproximación calamos nuestro altímetro al QFE, al aterrizar nos marcará cero pies. Procediendo de esta manera, conoceremos en la maniobra final la altura a la que nos encontramos sobre la pista de aterrizaje, si bien cuando todavía nos encontremos lejos de la pista no podremos comparar las lecturas que nos de el altímetro con las elevaciones de los obstáculos del terreno que sobrevolemos, al tomar éstos como referencia el MSL (nivel medio del mar).

El QNH es el calaje que más se emplea, ya que en este caso sí que podemos comparar lo que marca nuestro altímetro con la elevación de la cima de una montaña cercana, por ejemplo. En este caso, la referencia que fijáramos en la ventanilla de Kollsman sería la presión del aeródromo reducida al nivel del mar según la ISA. El dato del QNH lo obtenemos directamente del METAR del aeropuerto o aeródromo, por lo que dispondremos siempre de información actualizada. Calando nuestro altímetro al QNH, cuando nos posemos en tierra el instrumento nos indicará la elevación oficial del aeródromo o

Arriba Altímetro

Izquierda Variación con la altitud de las principales variables meteorológicas. Las dos curvas inferiores son las de la presión y la densidad. Se observa su rápida disminución en su parte izquierda (primeros kilómetros de atmósfera), donde ambas curvas pueden aproximarse a sendas líneas rectas.



un valor muy próximo a ella.

Tanto en las aproximaciones a aeropuerto como en las fases de despegue, el QNH es la referencia altimétrica por excelencia. Al despegar, se mantiene así ajustado el altímetro hasta alcanzar la altitud de transición, que en la mayor parte del espacio aéreo español es de 6000 pies. Alcanzada esa altura, todos los pilotos han de calar su altímetro al QNE o reglaje estándar, que toma como referencia los 1013,25 hPa (22.92"). Actuando de esta manera, se elimina el riesgo de colisión en ruta, ya que al situarse todas las aeronaves en niveles de vuelo (FL), dichas superficies de presión toman esa misma referencia, lo que siempre garantiza una separación mínima de seguridad entre dos niveles de vuelo contiguos.

Los niveles de vuelo preestablecidos están separados entre sí 500 pies (teóricos) hasta los 20000 pies, y de ahí para arriba 1000 pies. Los vuelos VFR han de operar siempre en niveles múltiplos de 500 (p.ej.: FL 035, que sería el nivel de vuelo de 3500 pies), mientras que en vuelo instrumental los niveles elegidos siempre han de ser múltiplos de 1000 (p. ej.: FL130, FL250...). Dependiendo de cuál sea el rumbo elegido, habrá unos u otros niveles de vuelo a disposición del piloto.

Arriba

Calado del altímetro.

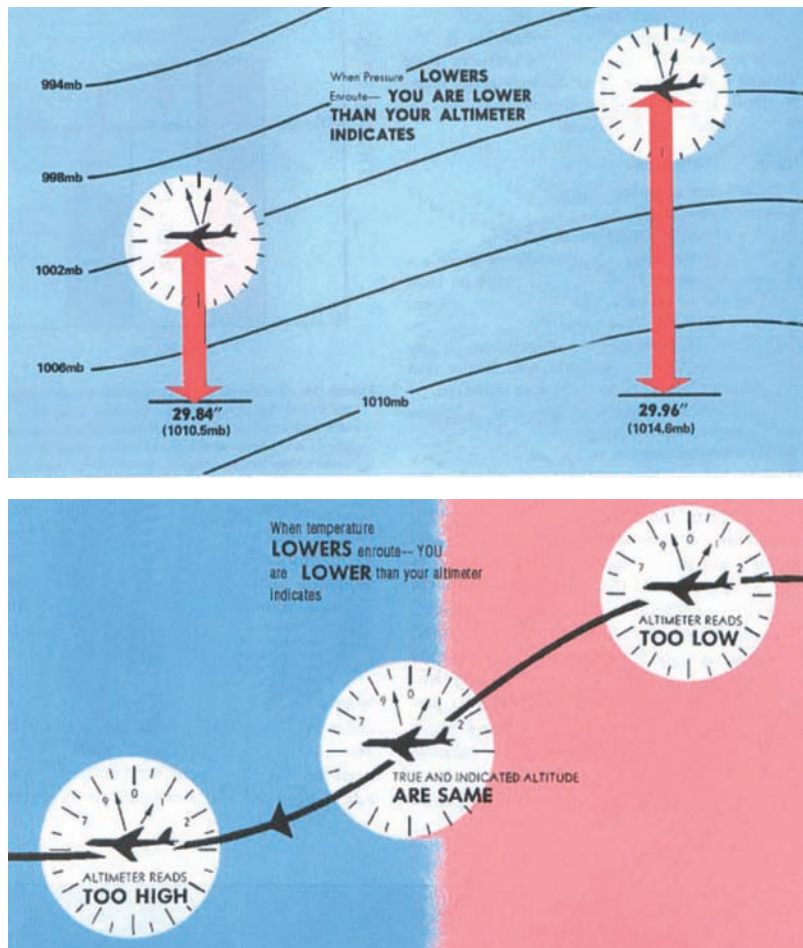
Derecha

Vuelo entre montañas cubiertas de nieve durante una patrulla de un avión del escuadrón nº 8 de las Fuerzas Aéreas Canadienses. Fotografía tomada durante los años de la Segunda Guerra Mundial. CRÉDITO: Canadian Forces. Ref. 20468.



Arriba Al volar desde una zona de altas presiones (derecha) hacia una zona de bajas (izquierda), nuestra altitud verdadera disminuye, a pesar de que nuestra lectura de altímetro permanezca inalterable. FUENTE: Aviation Weather.

Derecha Cuando el aire es más cálido que ISA, se vuela más alto que lo que indica el altímetro. Cuando la temperatura es más baja que la estándar, se vuela por debajo de lo indicado por la lectura. Cuando se vuela de una zona de aire cálido a otra de aire frío manteniéndose en un mismo nivel de vuelo, perdemos progresivamente altitud. FUENTE: Aviation Weather.



mundillo aeronáutico). Idéntico comentario podemos hacer acerca de una ruta que atravesase una zona de aire frío, ya que en dicha zona los niveles de vuelo estarán “aplastados” contra el suelo, con idéntico resultado. De forma aproximada, se puede estimar también el error de lectura debido a la temperatura. En este caso, sería de 4 pies por cada grado centígrado de desviación de la temperatura y por cada 1000 pies de altitud. Si estuviéramos volando a FL200, a una altitud teórica de 20000 pies, con una temperatura exterior (OAT) de ISA-10, el error debido a esa anomalía térmica sería de 800 pies (4·10·20), por lo que, si la presión fuera la ISA, volaríamos a 19200 pies; es decir, 800 pies por debajo de lo que nos estaría indicando nuestro altímetro calado a QNE. ■

Para aclarar cualquier duda meteorológica que tengas y si quieres ver también publicadas en la revista tus fotografías de los cielos y de los fenómenos meteorológicos captados en tus travesías, puedes ponerte en contacto con nosotros a través del correo electrónico:

info@divulgameteo.es

Si voláramos en condiciones ISA a FL200, los 20000 pies indicados por nuestro altímetro, calado a QNE, se corresponderían con la altitud verdadera a la que estaríamos. En este caso, a nivel del mar tendríamos exactamente 1013,25 hPa. Como la atmósfera real siempre difiere en mayor o menor medida de la estándar, nuestra lectura altimétrica nunca coincidirá con ese valor teórico. Sin abandonar FL200, dependiendo de que estuviéramos en una zona con altas o con bajas presiones, la lectura sería menor o mayor que la verdadera. Idéntico comentario puede hacerse si voláramos en una zona donde el aire estuviera frío o caliente. Tanto las desviaciones de la presión como las de la temperatura con respecto a los valores ISA introducen errores en nuestra lectura de altímetro.

Por cada hectopascal de diferencia que haya entre la presión estática en ruta y el valor ISA, se introducirá en nuestra lectura un error de aproximadamente 27 pies. Lo peligroso en este caso es estar volando cerca de la superficie terrestre en una zona de bajas presiones, ya nuestro altímetro marcará un valor superior al real (“De la baja a la caja”, sentencia una conocida regla nemotécnica del

L'Aeroteca

SOLICITA YA EL NUEVO CATÁLOGO



ENVÍO GRATUITO DEL CATÁLOGO DENTRO DE ESPAÑA

NUEVOS PRODUCTOS

NUEVOS PRECIOS

www.aeroteca.com
teléfono 932.18.17.39
aeroteca@aeroteca.com