

Club Planeadores Bariloche

Instrumentos

Parte 1 de 2



Roberto C. Marchena – Instructor de Vuelo Planeador - Abril 2021

Introducción

- Para volar en forma segura una aeronave el piloto debe saber interpretar y operar los instrumentos de vuelo además de conocer sus posibilidades y limitaciones.
- El piloto además debe saber reconocer los errores asociados a los instrumentos y el mal funcionamiento de los mismos.

Clasificación

- Neumáticos
 - Velocímetro o Anemómetro (velocidad respecto del aire)
 - Altímetro (altura barométrica)
 - Variómetro (régimen de ascenso / descenso)
- Giroscópicos
 - Indicador de viraje (régimen de viraje y coordinación)
 - Horizonte artificial (ángulo de cabeceo y alabeo)
 - Giro direccional (rumbo)
- Magnéticos
 - Brújula magnética (rumbo magnético)
- Instrumentos de navegación
- Instrumentos de motor
- Otros instrumentos

Instrumentos Neumáticos

- Se basan en la medición o cambios de presión del aire.
- Teorema de Bernoulli: La suma de la presión estática (P_s) y la presión dinámica (P_D) debe ser siempre constante e igual a la presión total (P_t):

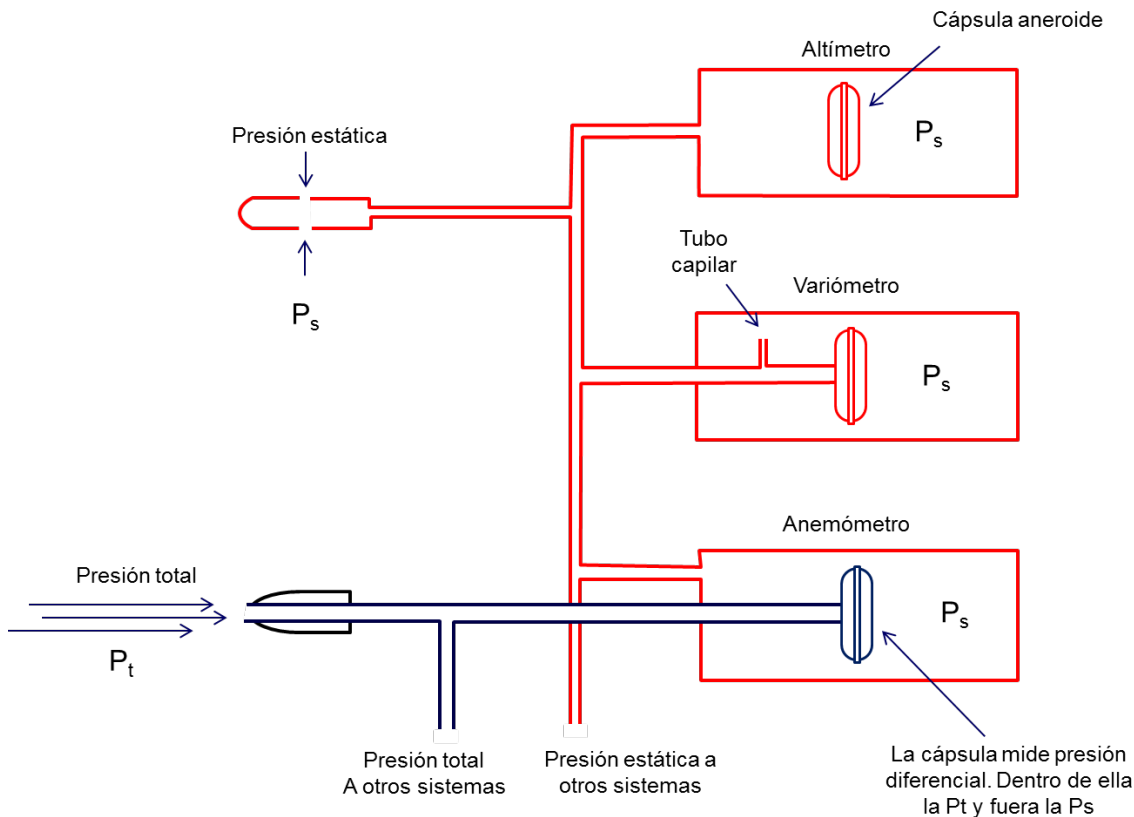
$$P_s + P_D = P_t$$

- Siendo P_D $\frac{1}{2}$ del cuadrado de la velocidad (V) por la densidad del aire (ρ)

$$P_D = \frac{1}{2} \cdot V^2 \cdot \rho$$

- Estos instrumentos son capaces de proporcionar información del movimiento de la aeronave en el seno de una masa de aire.

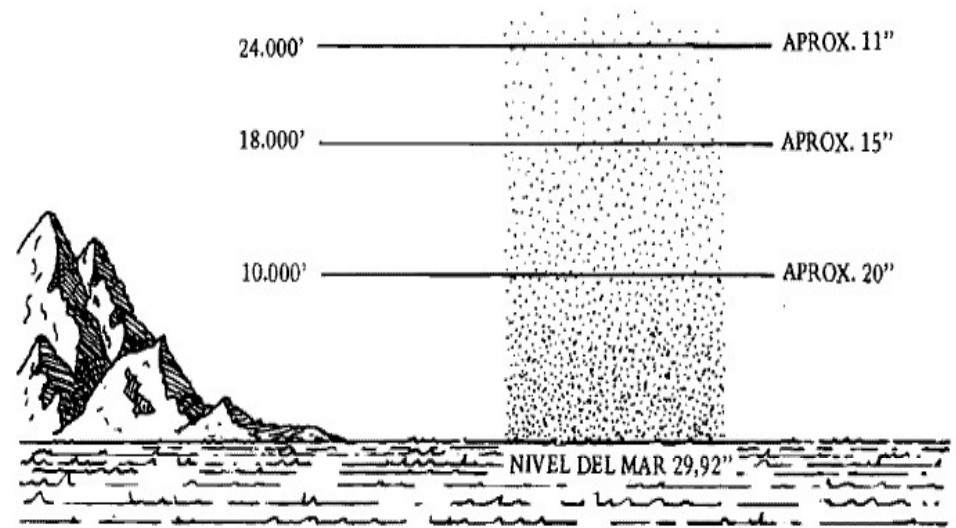
Instrumentos Neumáticos



- Estas mediciones se realizan con el sistema Pitot y las tomas estáticas.
- El tubo Pitot se encuentra situado enfrentando el orificio medidor de la presión con la corriente de aire.
- Las tomas estáticas son orificios situados en zonas de la aeronave donde el aire está en remanso o poco afectado por la velocidad relativa.
- En caso de obstrucción del tubo Pitot o de las tomas estáticas no sería posible obtener indicaciones reales de los instrumentos.

Densidad del aire

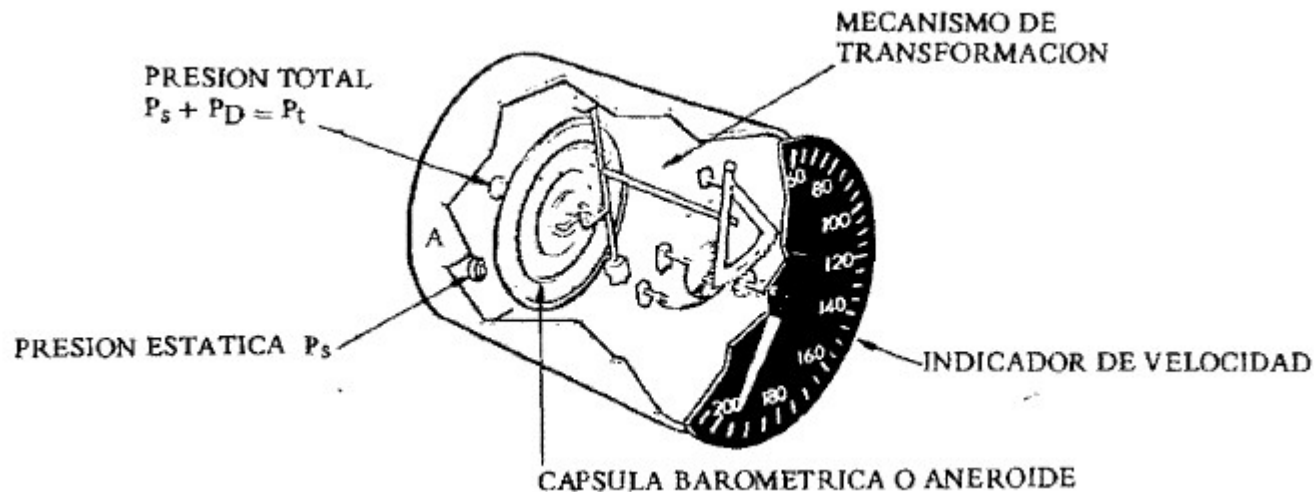
- Tanto la performance de la aeronave como la indicación de los instrumentos neumáticos se verán afectados según la densidad del aire.
- La atmósfera está compuesta por gases y es considerada un sistema caótico que se ve ampliamente influida por los movimientos de las masas de aire, cambio en la densidad, temperatura, etc.
- La OACI definió lo que se conoce como Atmósfera estándar o ISA (International Standard Atmosphere) con las siguientes características:
 - Altitud: 0 metros
 - Temperatura: 15 ° C
 - Presión: 1013.25 hPa / 29.92 in Mercurio / 760 mm Mercurio
 - Densidad: 1.225 Kg/m³
 - No contiene humedad, carece de vientos y turbulencias
 - Tasa disminución temperatura 2 ° C por 1000 pies / 6.5 ° C por 1000 mts.
- Este modelo es la base de los gráficos de rendimiento de la aeronave, que luego deben corregirse para compensar la desviación entre la presión atmosférica y la temperatura atmosférica ideal y la real.



Altitude (ft)	Temperature (°C)	Pressure (hPa) (p)	Density (kg/m ³) (ρ)	Relative Density (σ)
0	15	1013.25	1.225	1.0
5,000	5.1	843.1	1.056	0.86
10,000	- 4.8	696.8	0.905	0.74
15,000	- 14.7	571.8	0.771	0.63
20,000	- 24.6	465.6	0.653	0.53
25,000	- 34.5	376.0	0.549	0.45
30,000	- 44.4	300.9	0.458	0.37
35,000	- 54.3	238.4	0.386	0.31
40,000	- 56.5	187.6	0.302	0.25
45,000	- 56.5	147.5	0.237	0.19
50,000	- 56.5	116.0	0.186	0.15

Velocímetro o Anemómetro

- Es un medidor de presión diseñado de modo que la dilatación de la cápsula por efecto de P_D pueda transformar la presión en millas por hora, nudos o kilómetros por hora.
- Es importante destacar que son dos factores que influyen en la medición: densidad y velocidad del aire.



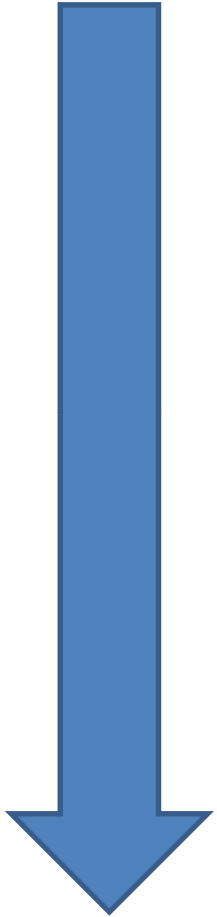
$$P_s + P_D = P_t \quad (\text{Se conoce } P_t \text{ y } P_s, \text{ luego:})$$

$$P_D = P_t - P_s = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Velocímetro o Anemómetro

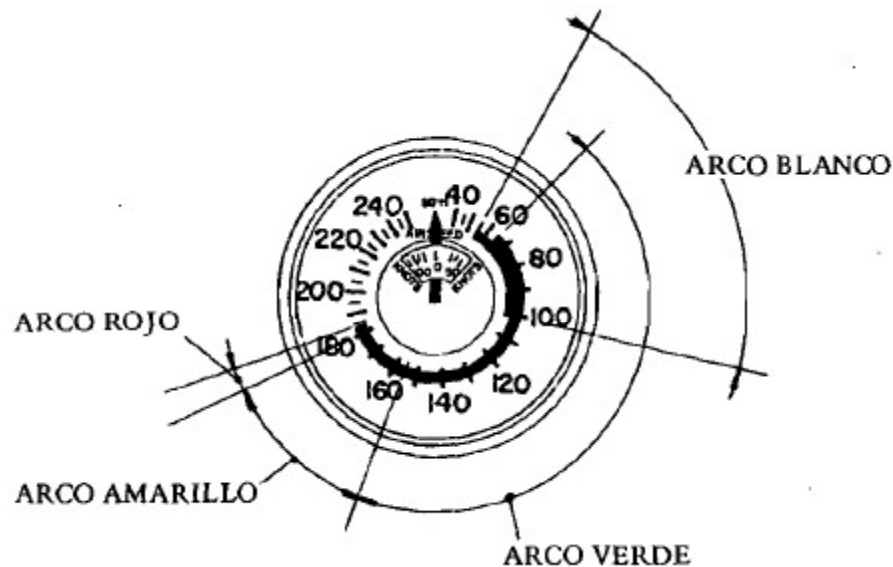
Velocidades indicadas

- **IAS** (Indicated Air Speed) o velocidad indicada: es la leida directamente en el instrumento.
- **CAS** (Calibrated Air Speed) o velocidad calibrada: es la velocidad corregida por errores de construcción del instrumento u otras causas.
- **TAS** (True Air Speed) o velocidad verdadera: es la velocidad corregida por error de densidad del aire.
- **EAS** (Equivalent Air Speed) o velocidad equivalente: es la velocidad corregida por efecto de compresión del aire (no es significativo a velocidades inferiores a los 250 nudos).
- **GS** (Ground speed) o velocidad respecto de la superficie terrestre: es la velocidad corregida respecto a la dirección e intensidad del viento.



Velocímetro o Anemómetro

Significado de las marcas y colores



- Los anemómetros tienen señaladas algunas velocidades o márgenes de velocidades, con un código de colores
 - Línea roja: Indica la velocidad que nunca debe excederse (VNE)
 - Arco amarillo: Margen de precaución (límite superior VNE y límite inferior VNO)
 - Arco verde: Margen normal de operación (límite superior VNO y límite inferior Vs1)
 - Arco blanco: Margen normal de operación con flaps completamente extendido (límite superior VFE y límite inferior Vs0)
- Estas Marcas hacen siempre referencia a las velocidades indicadas (IAS)

Velocímetro o Anemómetro

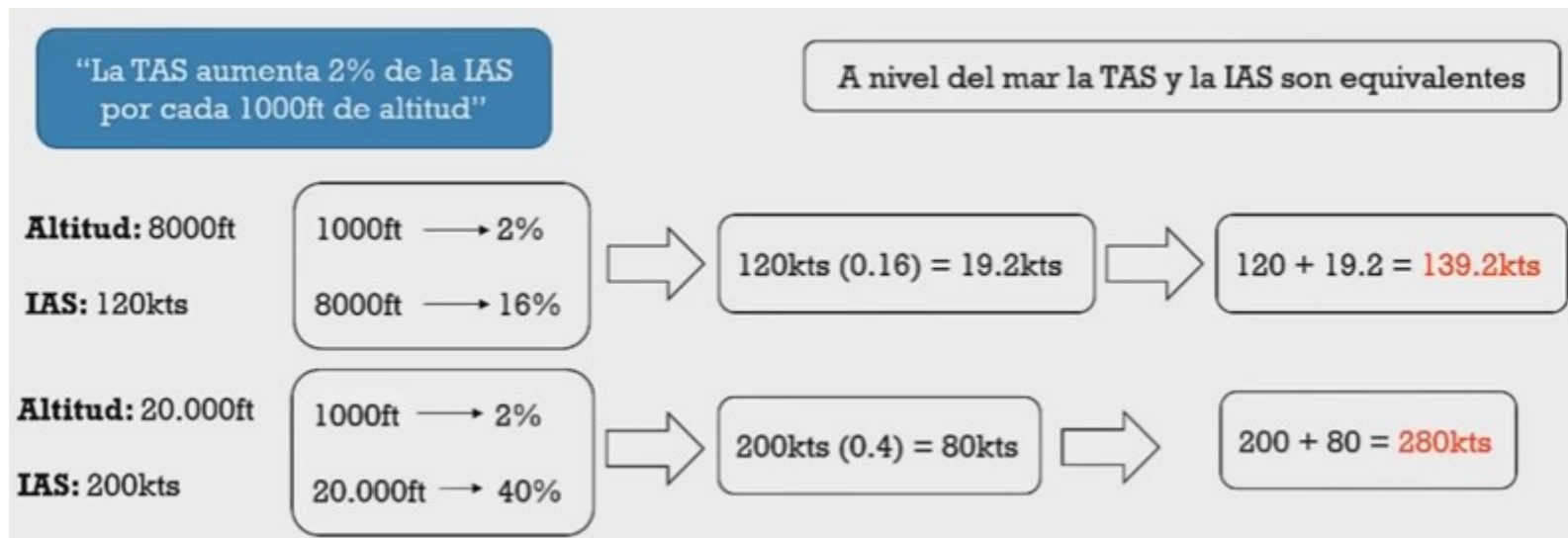
Nomenclatura velocidades

- V_{s0} : Velocidad de entrada en pérdida con tren de aterrizaje extendido y flaps completamente extendidos.
- V_{s1} : Velocidad de entrada en pérdida con tren de aterrizaje retraído y flaps retraídos.
- V_{FE} : Máxima velocidad que se puede operar la aeronave con flaps completamente extendidos.
- V_A : Máxima velocidad de maniobra, por arriba de esta velocidad el piloto no debe aplicar movimientos bruscos ni completos sobre los mandos y en aire turbulento debe volar por debajo de esta velocidad.
- V_{NO} : Máxima velocidad de operación normal.
- V_{LE} : Máxima velocidad con tren de aterrizaje extendido.
- V_{DF} : Máxima velocidad con aerofrenos extendidos.
- V_{NE} : La velocidad que nunca se debe exceder.

Velocímetro o Anemómetro

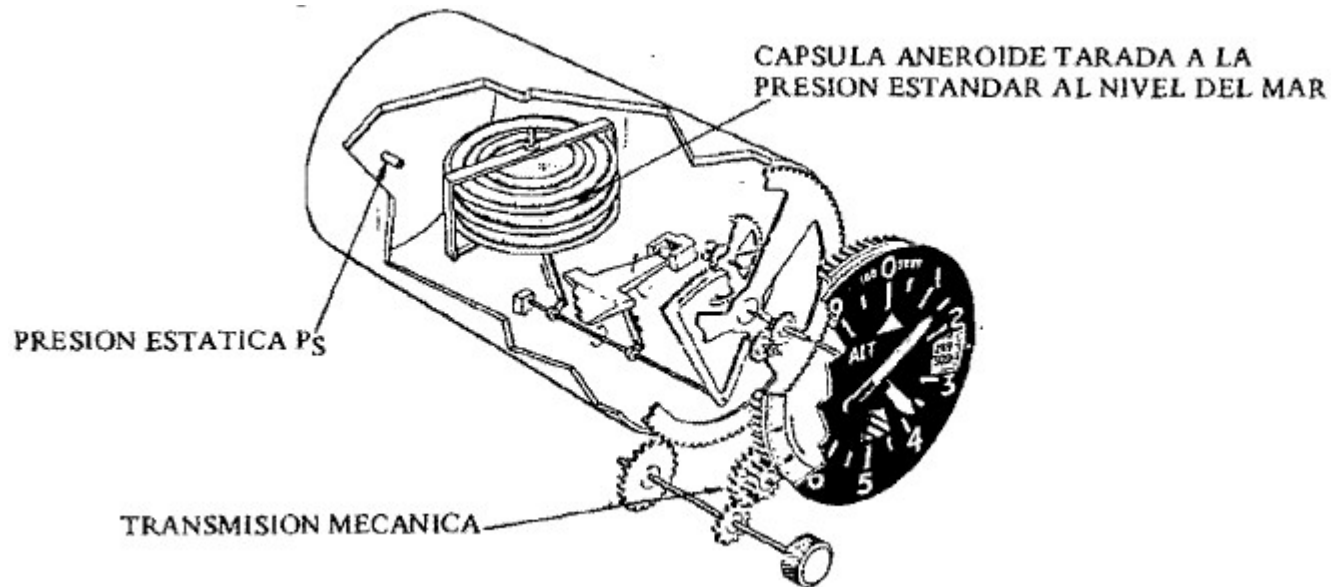
Corrección por altura

- Una aeronave entrará en pérdida a la misma velocidad indicada (IAS) independientemente de su altitud.
- Los límites de operación VNO y VNE dependen de su velocidad dinámica real es decir se debe tomar la velocidad real (TAS)
- Para el cálculo de la TAS se puede utilizar la siguiente fórmula aproximada:



Altímetro

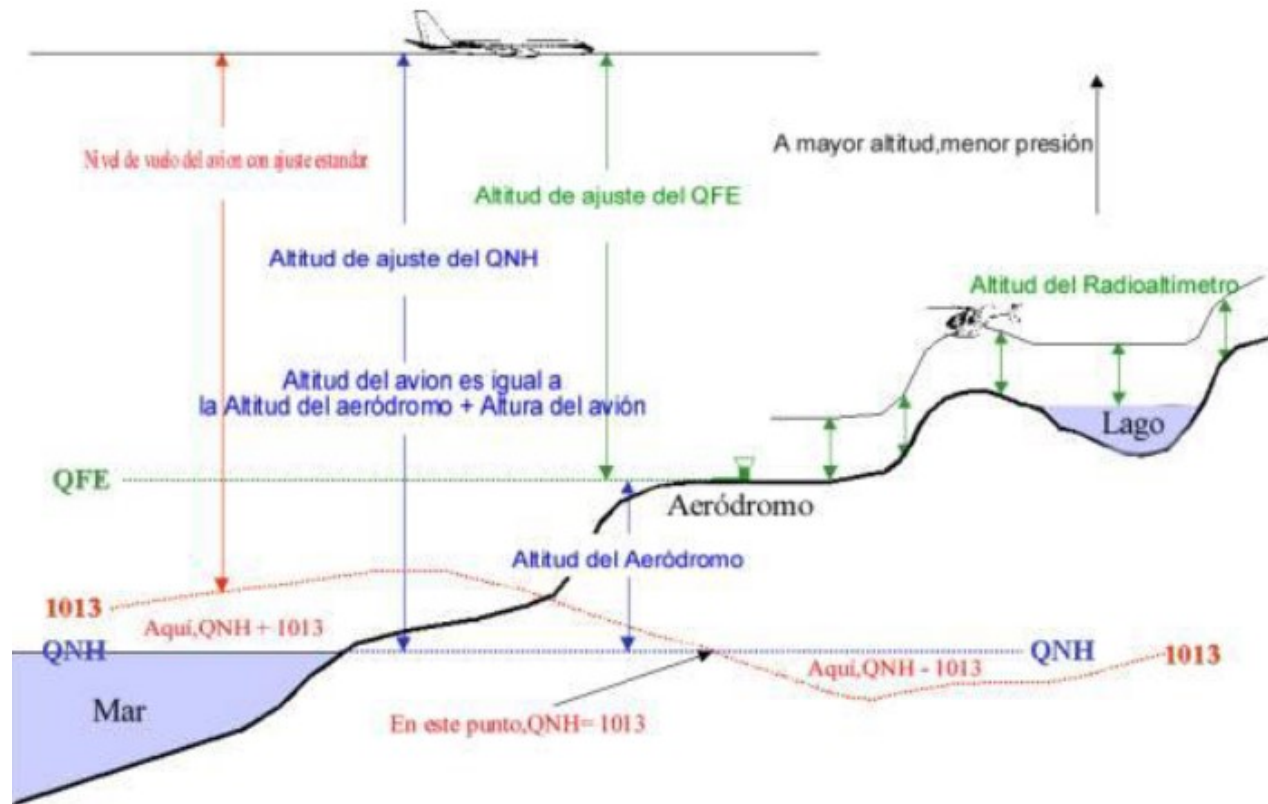
- Mide la presión atmosférica permanente y su principio está basado en la variación de la presión en altura, con una cápsula herméticamente cerrada y tarada a presión ISA, por efecto de la P_s la cápsula se dilata o se contrae según la presión y su movimiento es transmitido mecánicamente a un sistema de agujas que indica una altura normalmente en pies o metros.
- La lectura de este instrumento se realiza siempre comenzando por la aguja más pequeña y continuando en orden creciente de tamaños.



Altímetro

Altura, Altitud y Nivel de vuelo

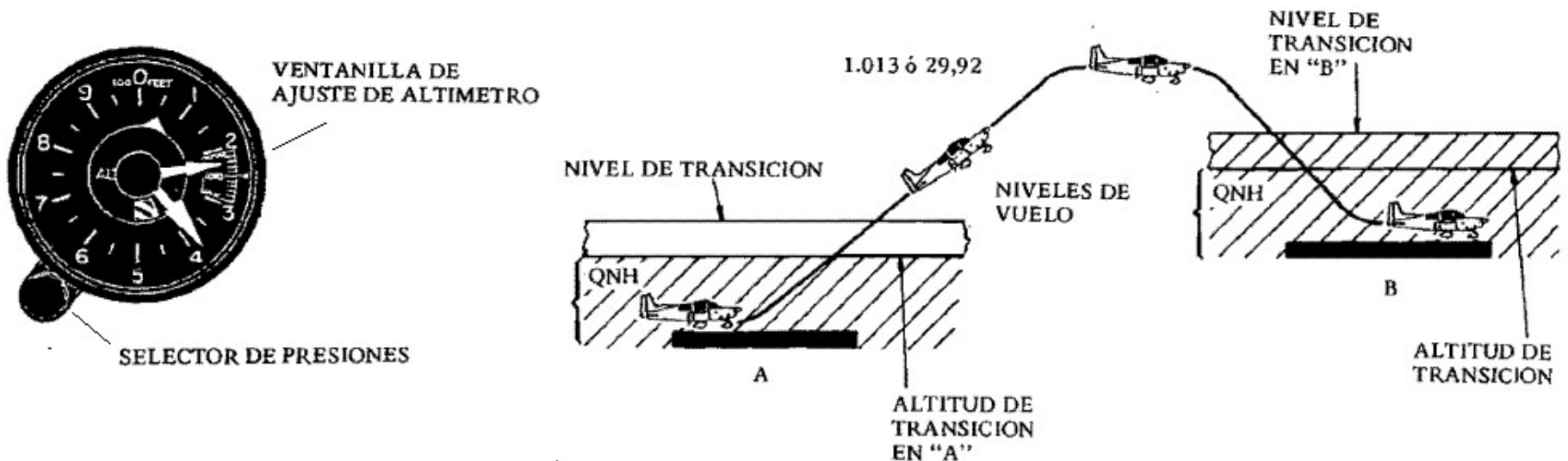
- **Altura y QFE:** es la altura de la aeronave sobre el suelo.
- **Altitud y QNH:** es la posición vertical del avión sobre el nivel medio del mar.
- **Nivel de vuelo y QNE:** Es la posición vertical del avión sobre la isobara 1013.25 hPa o nivel de presión y se expresa en FL (flight level) en centenares de pies (Ej. FL: 130 = 13.000 pies)



Altímetro

Procedimiento reglaje altimétrico

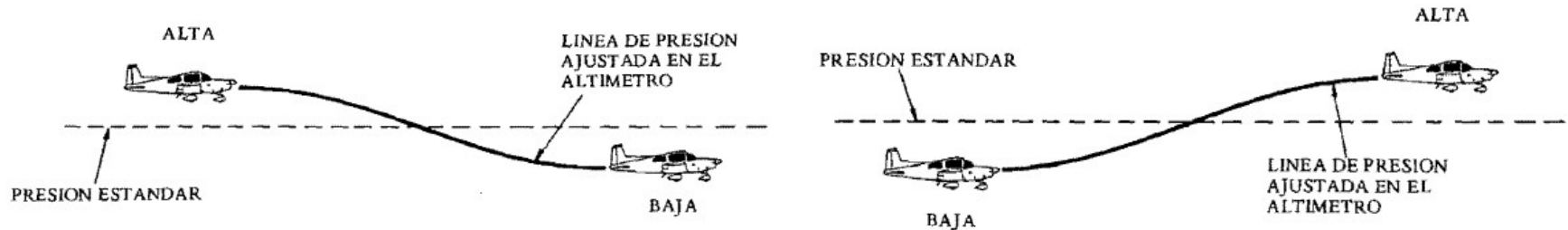
- El despegue se realizará con el altímetro ajustado con QNH proporcionado por TWR del aeródromo origen que es o medición de presión del campo en ese momento corregida al nivel del mar. Al ajustar el altímetro a la presión indicada el altímetro debería indicar la elevación del aeródromo según lo publicado en el AIP (Aeronautical Information Publication).
- En ascenso, una vez superada la Altitud de transición se ajustará a QNE seleccionando la presión estándar 1013 o 29.92 in o 760 mm. y a partir de ese momento se informará la altitud de la aeronave en niveles de vuelo. Según el rumbo a seguir y teniendo en cuenta si el vuelo se realiza en condiciones VFR o IFR se ascenderá hasta el nivel de vuelo que corresponda.
- Durante el descenso el altímetro continuará ajustado en QNE hasta cruzar el Nivel de transición, ajustándose entonces con el QNH proporcionado por TWR del aeródromo destino. El altímetro deberá indicar la elevación del aerodromo de destino al aterrizar.



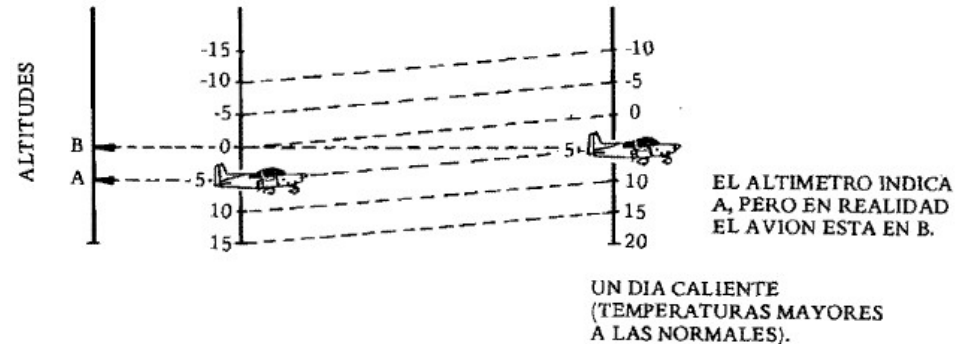
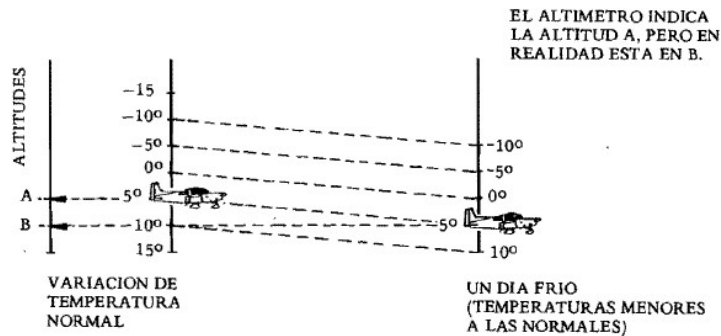
Altímetro

Cambios de presión y temperatura

- Errores debido a cambios de presión: cuando se vuela de zona de altas presiones va descendiendo aunque la lectura del nivel de vuelo sea la misma.
- Lo contrario sucedería si el avión volara desde una zona de bajas presiones a una de altas.

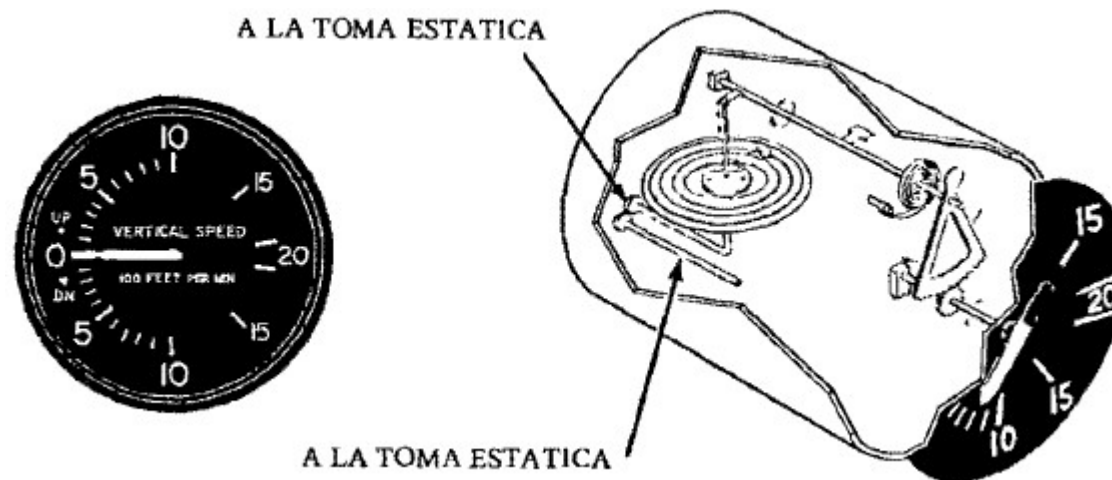


- Errores debidos a cambios de temperatura: cualquier variación de temperatura sin variación de la densidad modifica la presión, y en consecuencia cuando se vuela de una zona cálida a una más fría va descendiendo aunque la lectura del nivel de vuelo sea la misma.
- Lo contrario sucedería si el avión volara desde una zona fría a una zona cálida.



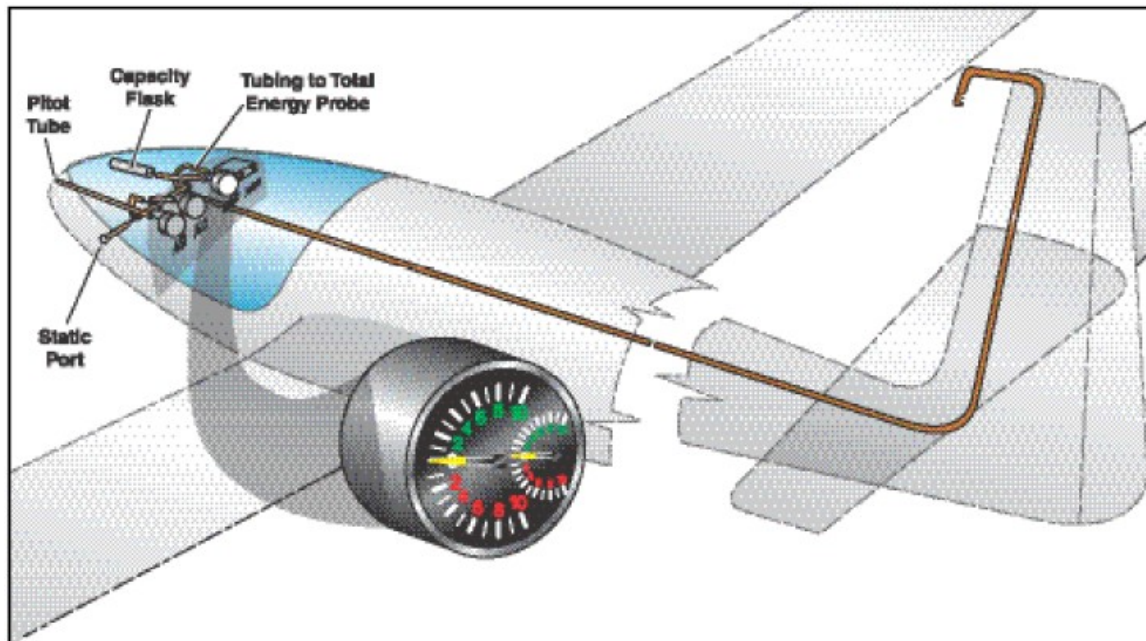
Variómetro

- Al igual que el Altímetro el Variómetro tiene una cápsula barométrica, pero esta mide régimen de cambio de presión en lugar de la variación absoluta.
- El instrumento recibe P_s dentro de la cápsula y también dentro del receptáculo recibe presión a través de un tubo capilar, también conectado a P_s o a un termo calibrado (en el segundo caso más lento), esta diferencia produce un diferencia o retardo en la igualación de las presiones la cual es transmitida mecánicamente a una aguja que indica velocidad vertical en pies por minuto o en metros por segundo.



Variómetro de energía total

- Un variómetro de energía total tiene en cuenta cambios en la velocidad del aire para anular los ascensos/descensos producidos por cambios en la actitud de vuelo del planeador.
- El sistema consiste en un pequeño venturi que recibe flujo de aire y está conectado a la toma estática del variómetro, de modo que cuando se incrementa la velocidad aumenta succión el venturi, y cuando disminuye la velocidad reduce la succión, moderando de este modo la presión estática del instrumento.



Fin