



**Meteorología**

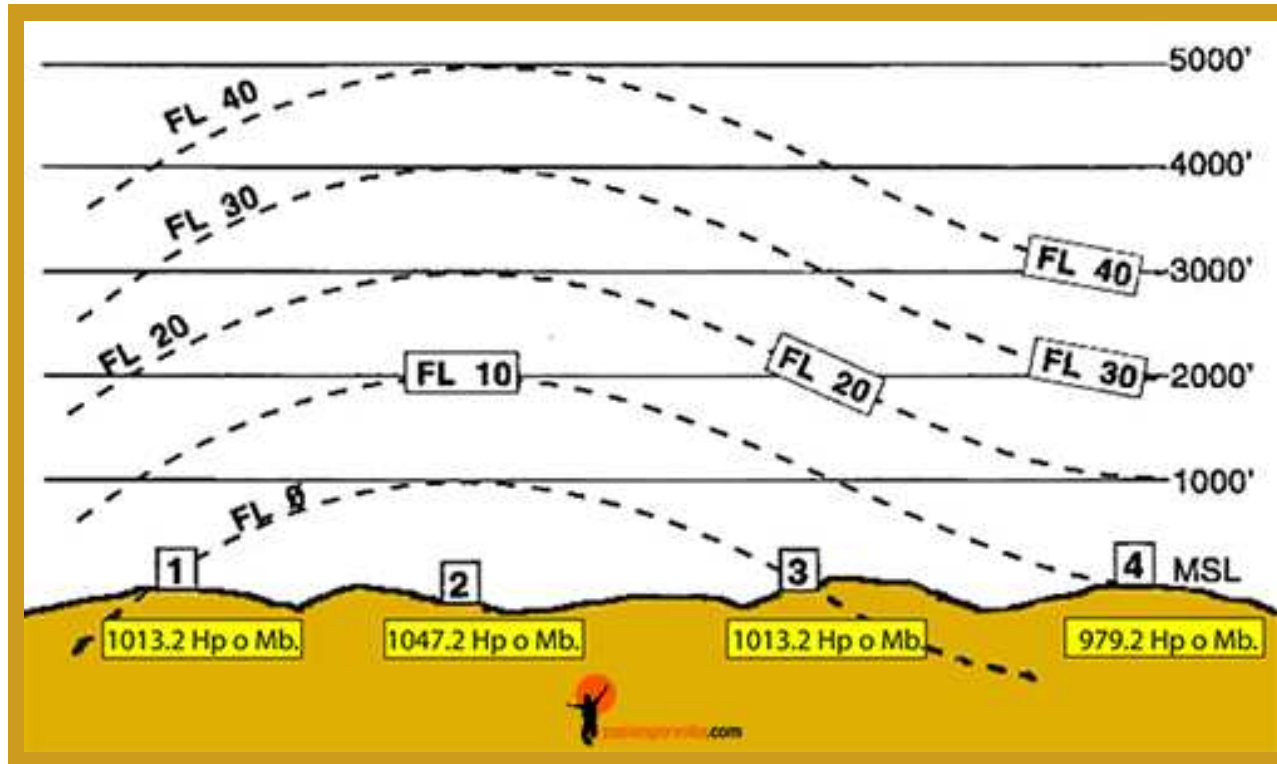
***GRADO EN GESTIÓN Y OPERACIONES DEL  
TRANSPORTE AÉREO***

Departamento de Física Aplicada

- **Altura:** Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y una referencia especificada.
- **Altitud:** Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar (MSL).
- **Nivel:** Término genérico referente a la posición vertical de una aeronave en vuelo, que significa indistintamente altura, altitud o nivel de vuelo.

- Nivel de vuelo: Superficie de presión atmosférica constante relacionada con determinada referencia de presión, 1013.2 hectopascales (hPa), separada de otras superficies análogas por determinados intervalos de presión.

# Nivel de vuelo, FL (flight level)



Nivel de vuelo, FL (flight level), en cientos de pies redondeando de 500 en 500.

$1 \text{ pie} = 0.3048 \text{ m}$

- Nota 1: Cuando un baroaltímetro calibrado de acuerdo con la atmósfera tipo:
- a) se ajuste al QNH, indicará la altitud;
  - b) se ajuste al QFE, indicará la altura sobre la referencia QFE;
  - c) se ajuste a la presión de  $1013.2hPa$ , podrá usarse para indicar niveles de vuelo.
- Nota 2: Los términos “altura” y “altitud”, usados en la Nota 1, indican alturas y altitudes altimétricas más bien que alturas y altitudes geométricas.

# Baroaltímetro

Para  $a \neq 0$

$$p(h) = p_0 \left( \frac{T(h)}{T_0} \right)^{-\frac{g}{aR_a}}$$

Siendo  $a = -6.5K/km$  y  $T(h) = T_0 + a(h - h_0)$ , Por tanto:

$$h = \frac{T_0}{\alpha} \left[ 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\alpha R_a}{g}} \right] + h_0$$

siendo  $\alpha = -a$

# Baroaltímetro

En la troposfera tenemos  $\alpha = 6.5K/km$  y  $h_0 = 0$   
por tanto:

$$h = \frac{T_0}{\alpha} \left[ 1 - \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\alpha R_a}{g}} \right]$$

Donde  $p_0$  es la presión de referencia, QNE o QNH. QFE se utiliza poco.

QNE:  $1013.2hPa$

QNH: Presión al nivel del mar deducida de la existente en el aeródromo, considerando la atmósfera con unas condiciones estándar,

# Baroaltímetro

QNE: 1013.2hPa Nivel de vuelo.

QNH: Altitud en las proximidades donde se midió QFE para calcular QNH.

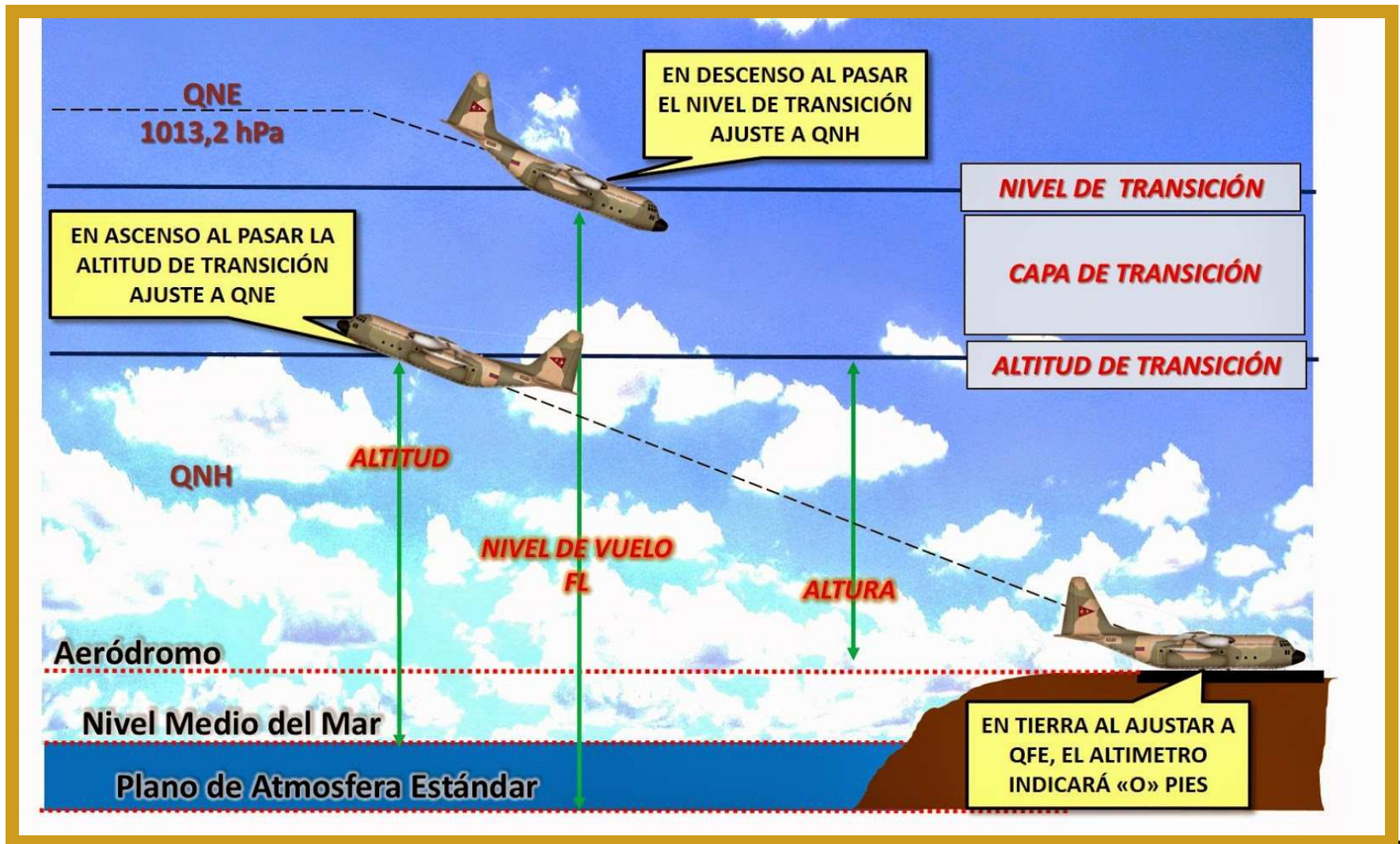
QFE: Altura sobre la referencia donde se ha tomado la presión QFE.

Tenemos por tanto:

$$p_{NH} = \left( \frac{T(h)}{T_0} \right)^{-\frac{g}{\alpha R_a}} p_{FE}$$

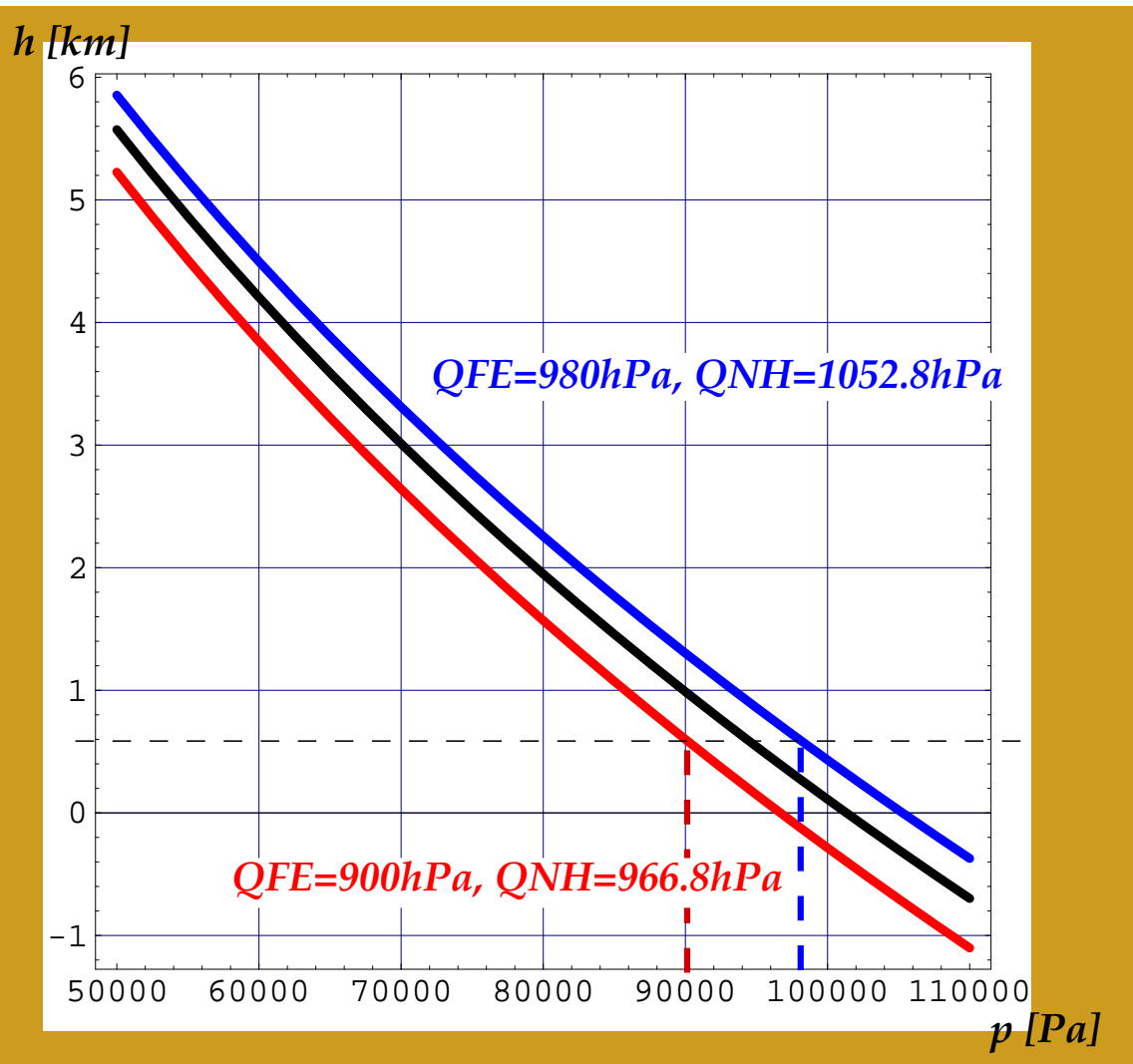


# Baroaltímetro: QNH, QNE y QFE

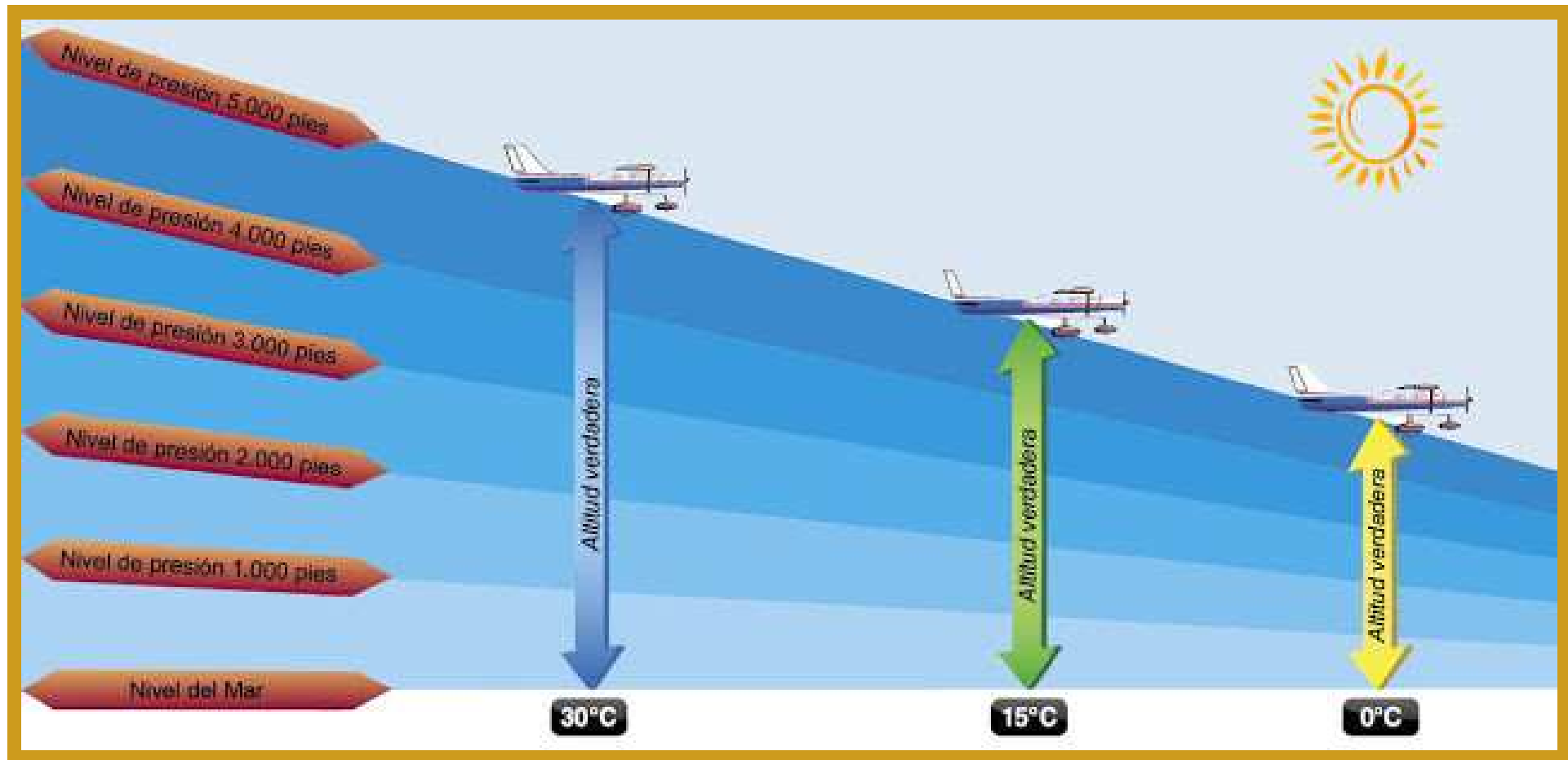


# Baroaltímetro

Ejemplo: aeródromo a 0.6km de altitud con dos valores de QFE.



# Altura: Efecto de la temperatura



Para  $a \neq 0$  tenemos

$$\rho(h) = \rho_0 \left( \frac{T(h)}{T_0} \right)^{\frac{g}{\alpha R_a} - 1}$$

Siendo  $\alpha = -a = 6.5K/km$  y  $T(h) = T_0 - \alpha(h - h_0)$ ,  
Por tanto:

$$h(\rho) = \frac{T_0}{\alpha} \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right)^{\frac{R_a \alpha}{g - \alpha R_a}} \right] + \underbrace{h_0}_{h_0=0}$$

## Altura de densidad

La densidad de aire se obtiene a partir de la ecuación de los gases ideales, midiendo  $p$  y  $T$

$$\rho = \frac{p}{R_a T}$$

La altura de densidad no se utiliza en vuelo, pero proporciona información sobre el comportamiento de la aeronave en aterrizaje y despegue.

Podemos sustituir en  $h(\rho)$

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \frac{pT_0}{p_0T_a}$$

y luego utilizar  $p(h)$  de la atmósfera estándar. Tenemos así la corrección de la altura por la densidad:

$$h_c = \frac{T_0}{\alpha} \left[ 1 - \frac{T(h)}{T_0} \left( \frac{p_{NH}}{p_0} \frac{T(h)}{T_a} \right)^{\frac{R_a \alpha}{g - \alpha R_a}} \right]$$