

AIRE HÚMEDO

PSICROMETRIA

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL

PSICROMETRIA

Estudio propiedades
del aire húmedo

1.- Introducción

El aire es un gas que envuelve la Tierra, está compuesto de una mezcla de varios gases, prácticamente siempre en la misma proporción

Componente	Símb.	% Vol	% Peso
Nitrógeno	N ₂	78,08	75,518
Oxígeno	O ₂	20,94	23,128
Argón	Ar	0,0934	1,287
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,00315	0,46
Otros		0,0145	0,0178

T = 0 °C, p = 760 mm Hg

Propiedades del aire: GAS IDEAL

El aire que nos rodea es "aire húmedo", contiene *vapor de agua*

La *psicrometría* estudia las propiedades de la mezcla aire-vapor

Dentro de las *propiedades del aire* se habla de las propiedades del aire seco (as), del vapor de agua (va), y de la mezcla: el aire húmedo (ah)

Las propiedades del *aire seco*:

• Volumen específico

$$v_{as} = \frac{1}{\rho} = \frac{RT}{pM_a} = \frac{R_a T}{p}$$

=R/Ma

• El calor específico; $f(T^a, p)$, a 760 mm.Hg :

$$c_{pas} = 0,24 \left[\frac{\text{kCal}}{\text{kg K}} \right]$$

≈1KJ/kgK

• La entalpía:

$$h_{as} = 0,24 (T - T_a) \left[\frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \right]$$

Si se referencia a 0°C y 760 mm.Hg
siendo T la temperatura de bulbo seco en °C

$$h_{as} = 0,24 T \left[\frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \right]$$

$$h_{as} = T \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right]$$

**"h" es entalpía específica (entalpía por unidad de masa).

Las propiedades del vapor de agua:

Gas ideal

T absoluta

- Volumen específico

$$V_{va} = \frac{RT}{pM_{va}} = \frac{R_{va} T}{p}$$

- El calor específico: $c_{p,va} = 0,46 \left[\frac{\text{kCal}}{\text{kg K}} \right]$

T(°C)

- La entalpía: $h_{va} = (595 + 0,46 T) w \left[\frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \right]$

w la humedad específica del aire (kg va / kg as)
595 el calor latente de evaporación [kCal/kg]

Las propiedades de la mezcla: (Aire húmedo)

- El volumen: $V_{ah} = V_{as} = V_{va}$

G.I. El volumen de las moléculas es despreciable

- La presión total: $p_{ah} = p_{as} + p_{va}$

Ley de Dalton

- La entalpía: $h_{ah} = h_{as} + h_{va} = (0,24 T) + [(595 + 0,46 T) w] \left[\frac{\text{kCal}}{\text{kg}} \right]$

Propiedades del aire saturado:

Aire saturado: $p_v = p_{\text{sat}}(T)$

(Vapor en equilibrio con líquido a $T = T_{\text{sat}}$; P_v es función de T)

Temperatura de rocío: $T \Rightarrow p_{\text{actual}} = p_{\text{sat}}$

Humedad específica (W): es la cantidad de vapor de agua por masa de aire, [kg vapor agua / kg aire seco]

$$w = 0,622 \frac{p_v}{p - p_v} (**)$$

Humedad relativa (ϕ , HR):

$$\phi = \text{HR} = \frac{m_v}{m_{v,\text{sat}}} \times 100 = \frac{p_v}{p_{v,\text{sat}}} \times 100$$

Saturación adiabática: aporte de agua hasta la sat. en una cámara térmicamente aislada

$$h_s = h + (w_s - w)h'_1$$

h'_1 (la del agua de aporte)

Temperatura de bulbo húmedo: es la T_{sat}

$$W = \frac{m_v}{m_{\text{as}}} = \frac{M_v p_v V / RT}{M_{\text{as}} p_{\text{as}} V / RT} = \frac{M_v p_v}{M_{\text{as}} p_{\text{as}}} = \frac{18}{28,8} \times \frac{p_v}{p - p_{\text{as}}} (**)$$

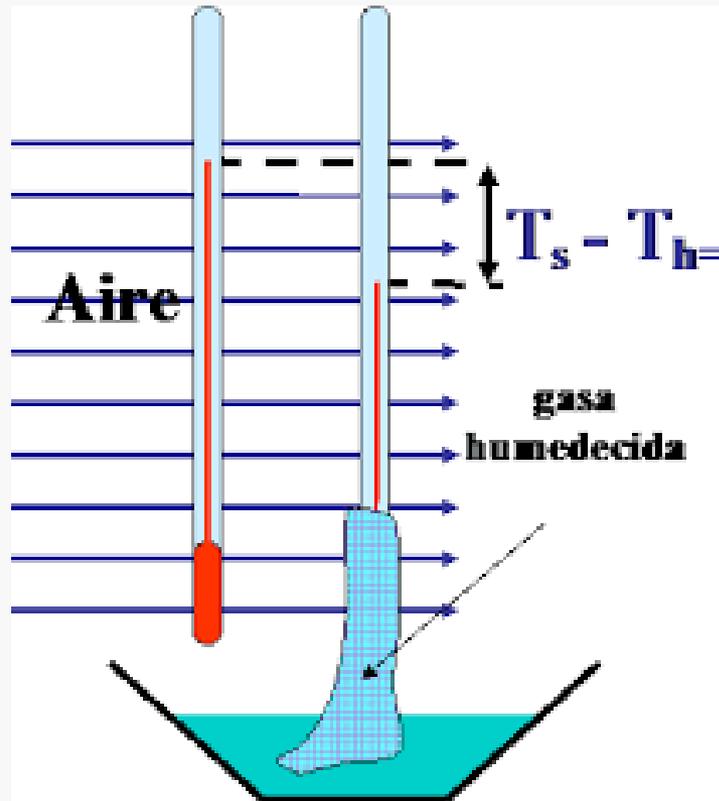
TEMPERATURAS DEL AIRE

a) Temperatura seca \equiv Temperatura ambiente (termómetro a la sombra)

b) Temperatura húmeda:

b.1. de rocío (dew point): T_r . Es la temperatura hasta la que debe enfriarse el aire para que, *sin modificar su humedad absoluta*, se inicie la condensación

b.2. de saturación adiabática o de bulbo húmedo: $T_{sat} \equiv T_h$. Es la que alcanzaría el aire al pasar sobre agua líquida sin aporte externo de energía. En el proceso, el aire se enfría al suministrar calor al agua que se evapora hasta conseguirse la saturación:



Evaporación

La evaporación es un proceso físico que consiste en el paso y de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial. A diferencia de la ebullición, la evaporación se puede producir a cualquier temperatura, siendo más rápido cuanto más elevada sea esta.

No es necesario que toda la masa alcance el punto de ebullición. Cuando existe un espacio libre encima de un líquido, una parte de sus moléculas está en forma gaseosa, al equilibrarse, la cantidad de materia gaseosa define la presión de vapor saturante, la cual no depende del volumen, pero varía según la naturaleza del líquido y la temperatura.

Tabla psicrométrica ASRE-1947

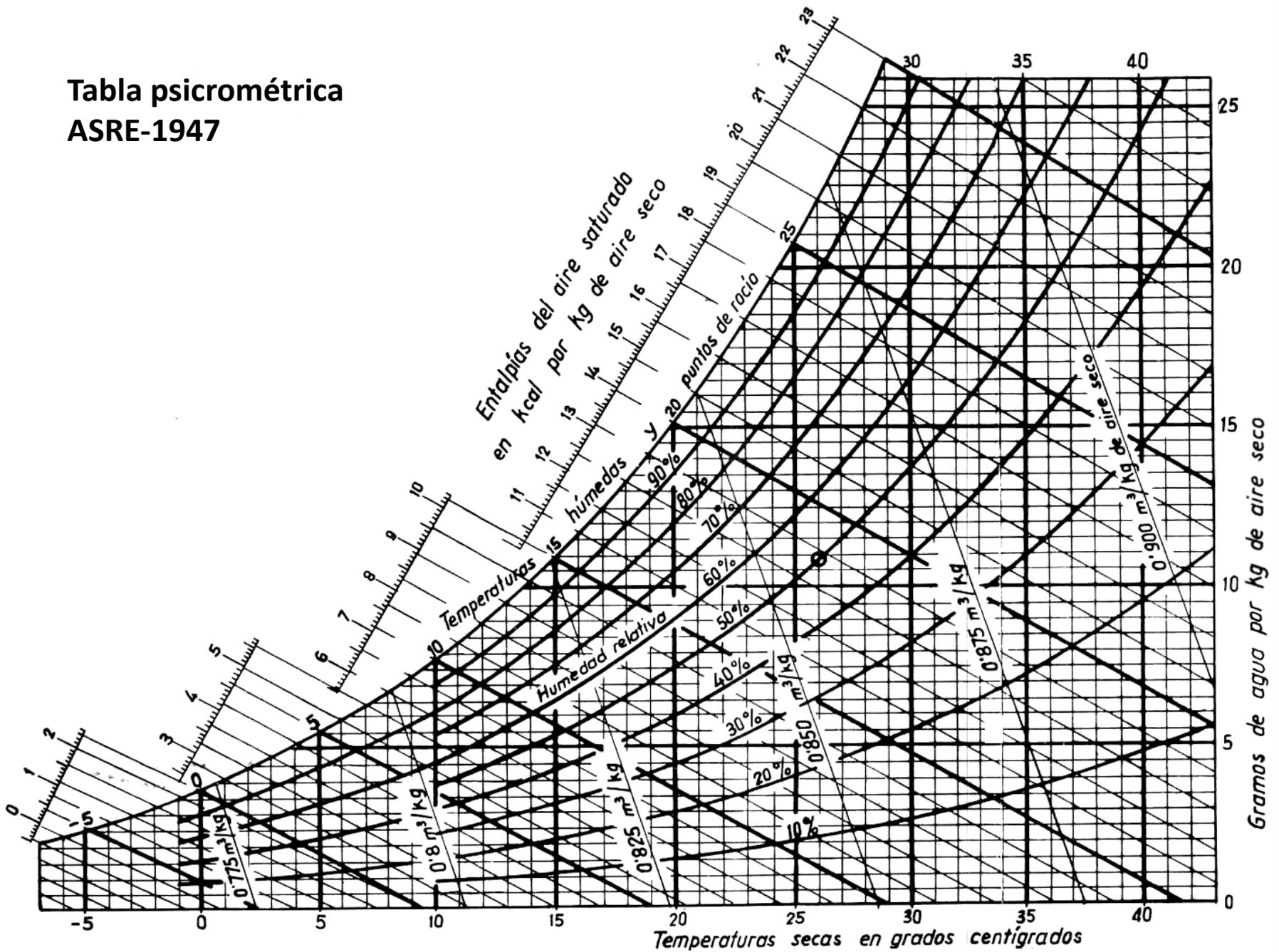


DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

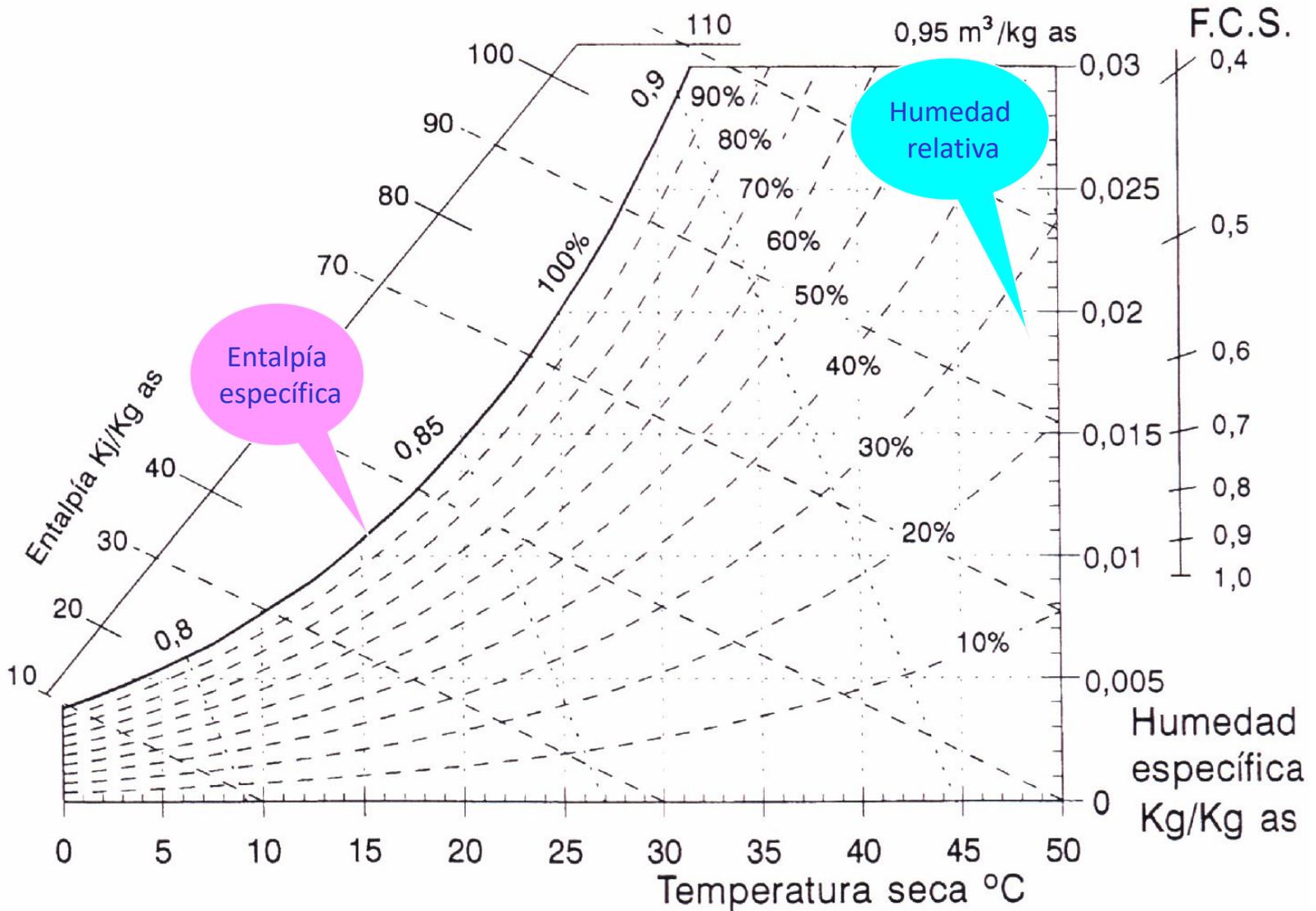
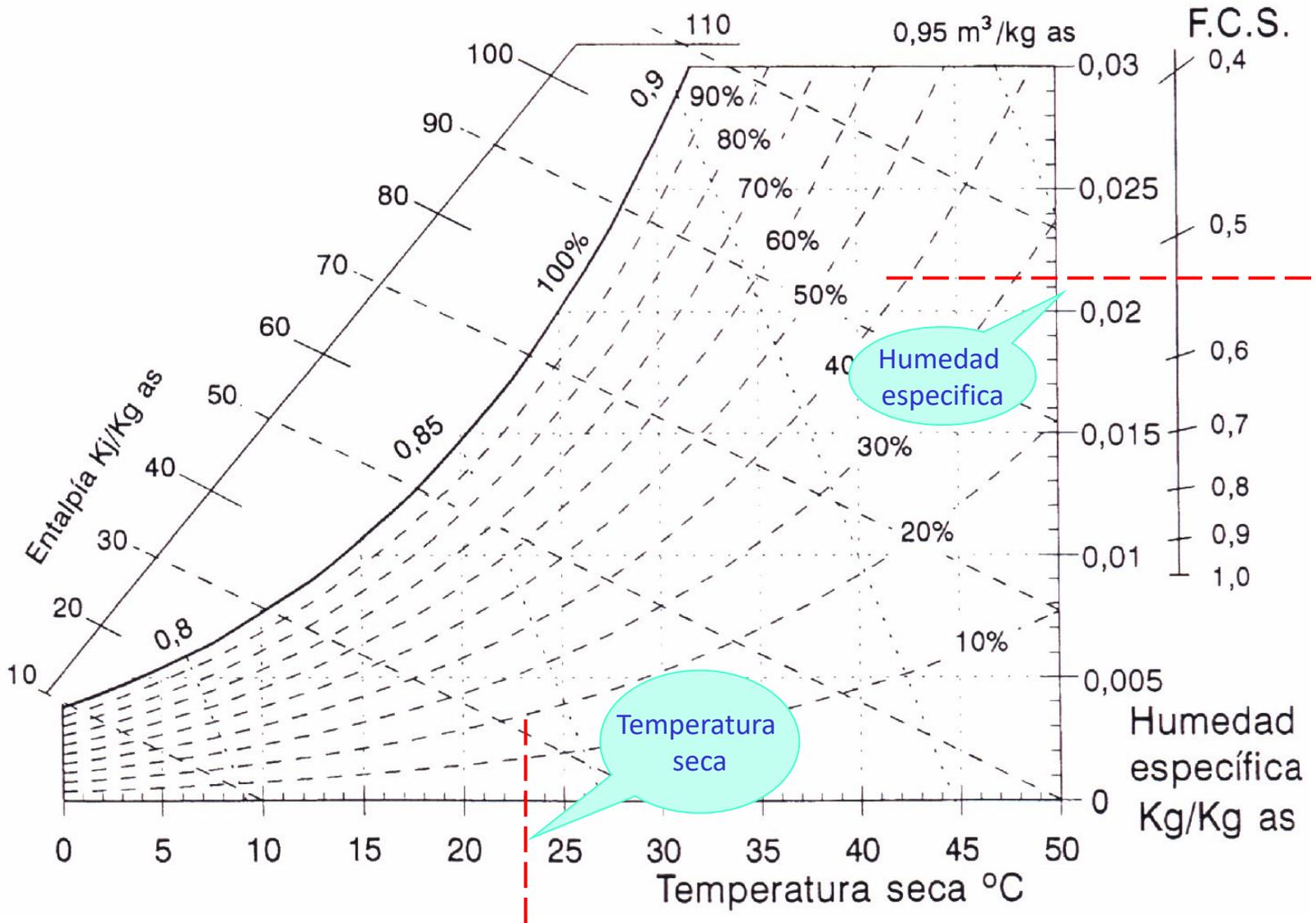
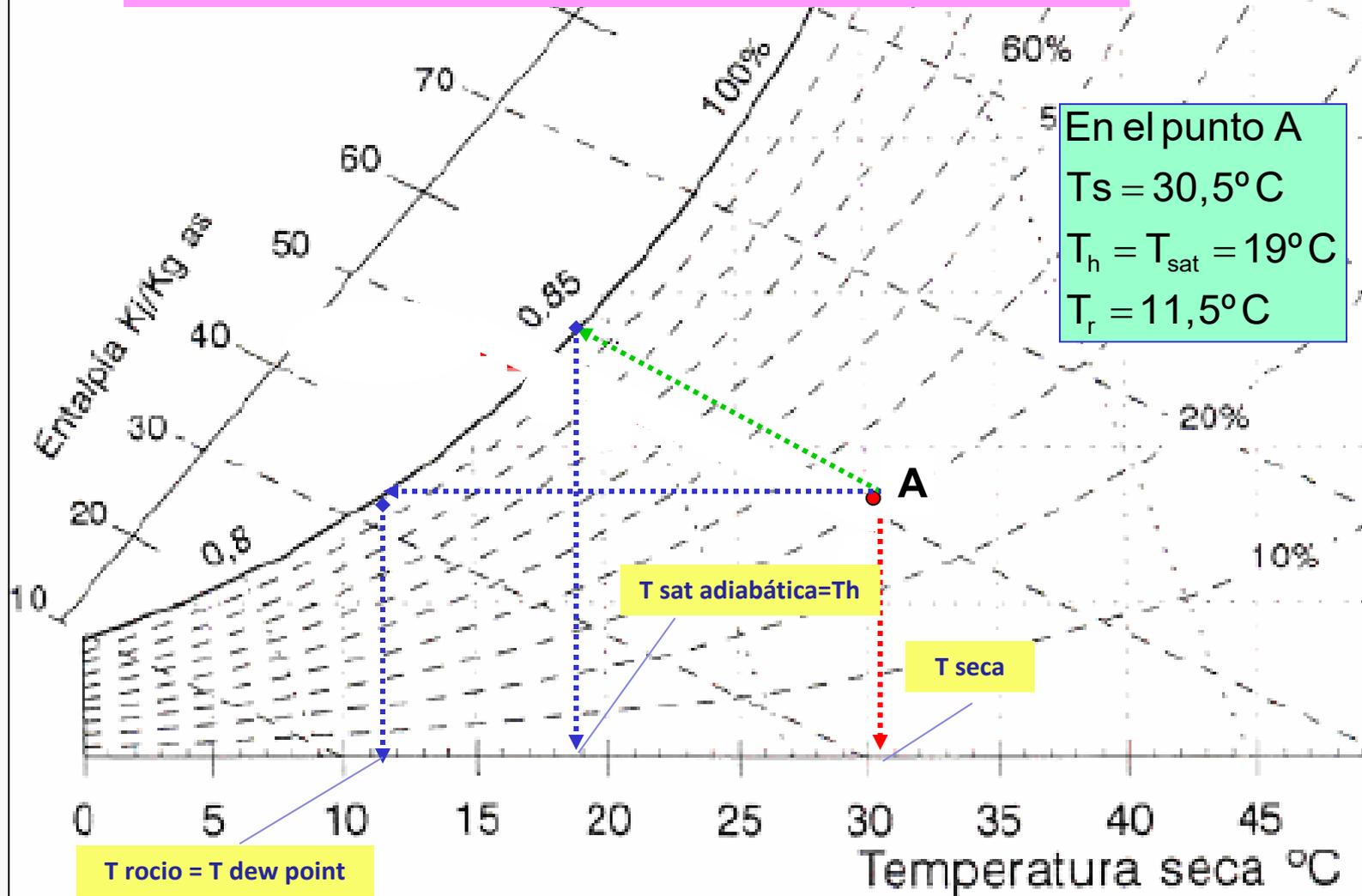


Diagrama psicrométrico



Temperaturas en el diagrama psicrométrico



En el punto A
 $T_s = 30,5^{\circ}C$
 $T_h = T_{sat} = 19^{\circ}C$
 $T_r = 11,5^{\circ}C$

REPRESENTACIÓN DE PROCESOS EN DIAGRAMAS PSICROMETRICOS

Calentamiento o enfriamiento sensible (W = cte)

Calentamiento sensible, | (No varía la humedad absoluta; la HR disminuye)
(paso por una batería caliente, resistencia eléctrica)

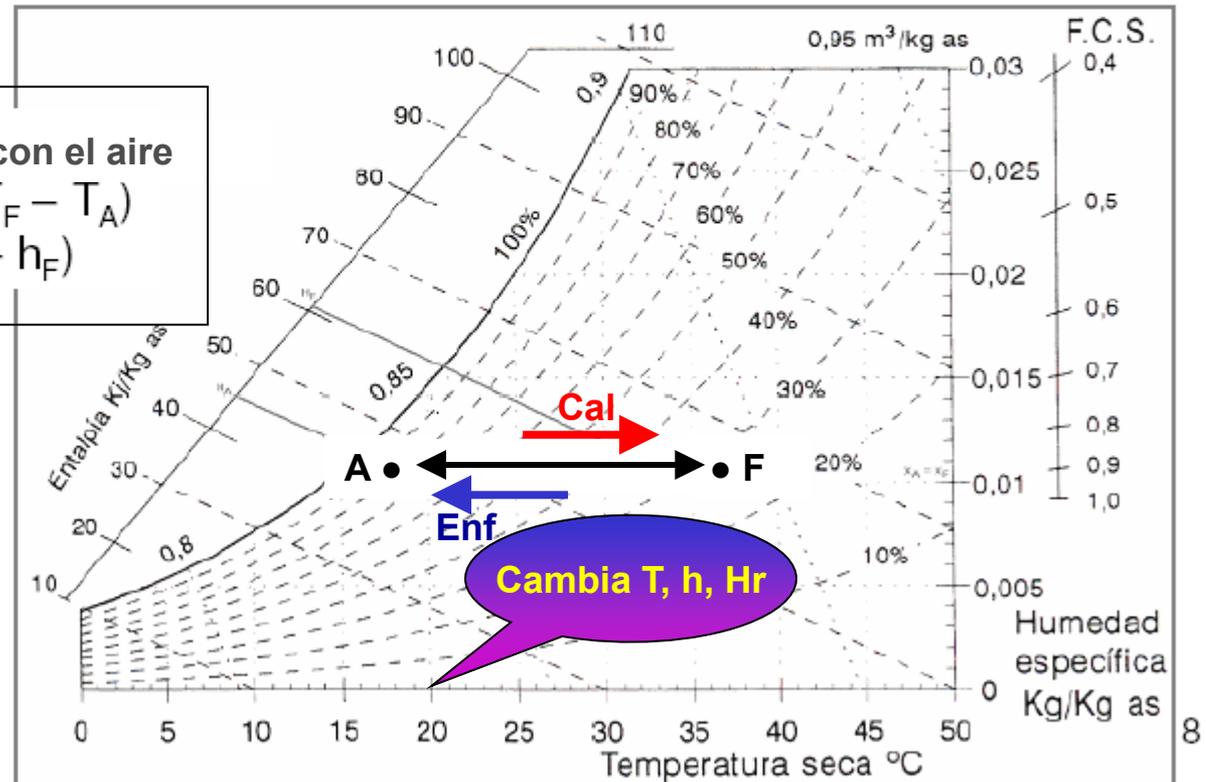
Enfriamiento sensible, sin deshumidificación (Aumenta la HR)
(batería fría a $T > T_r$)

Calor intercambiado con el aire

$$Q = 0,24 M_{\text{aire}} (T_F - T_A)$$

$$Q = M_{\text{aire}} (h_A - h_F)$$

$$Q_p = n\Delta h = \Delta H$$

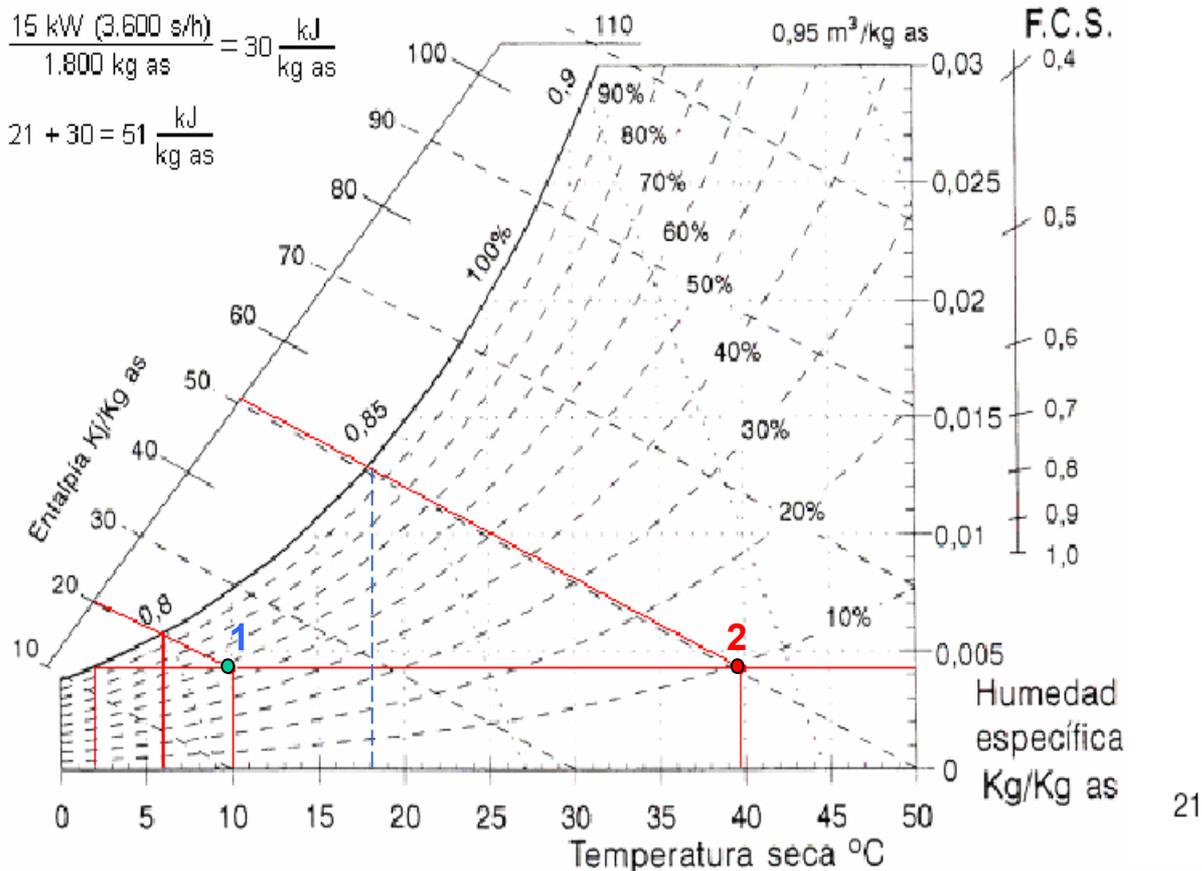


Ejemplo de calentamiento sensible (ΔT)

Calcular las condiciones del aire a la salida de una resistencia eléctrica de 15 kW, cuando se pasan $1800 \text{ Kg}_{\text{as}}/\text{s}$ a T_s de 10°C y 6°C de T_h

$$\frac{15 \text{ kW (3.600 s/h)}}{1.800 \text{ kg as}} = 30 \frac{\text{kJ}}{\text{kg as}}$$

$$21 + 30 = 51 \frac{\text{kJ}}{\text{kg as}}$$



A partir del diagrama se obtiene:

Entrada

$$T_{\text{seca}} = 10^\circ\text{C}$$

$$T_h = T_{\text{sat}} = 6^\circ\text{C}$$

$$T_r = 2^\circ\text{C}$$

$$W = 0,004$$

$$h = 21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{HR} = 60\%$$

Salida

$$T_{\text{seca}} = 40^\circ\text{C}$$

$$T_h = T_{\text{sat}} = 18^\circ\text{C}$$

$$T_r = 2^\circ\text{C}$$

$$W = 0,004$$

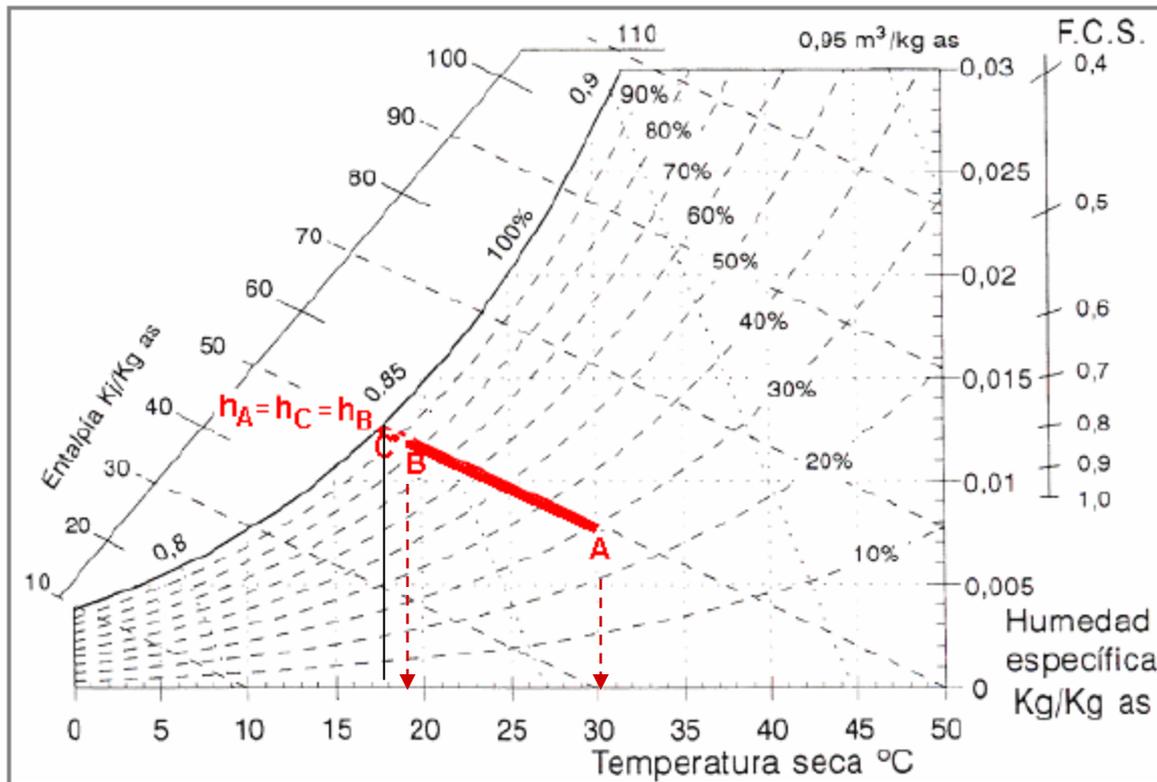
$$h = 51 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{HR} = 10\%$$

El aire se siente más seco

Enfriamiento y humidificación-Saturación adiabática

Enfriamiento y humidificación; pasando aire no saturado por pulverizadores de agua recirculada en una cámara con aislamiento térmico
Se realiza a $T_h \cong \text{cte} \Rightarrow h \cong \text{cte}$



$T_C = T_h$ del aire y de equilibrio agua

Eficiencia de sat

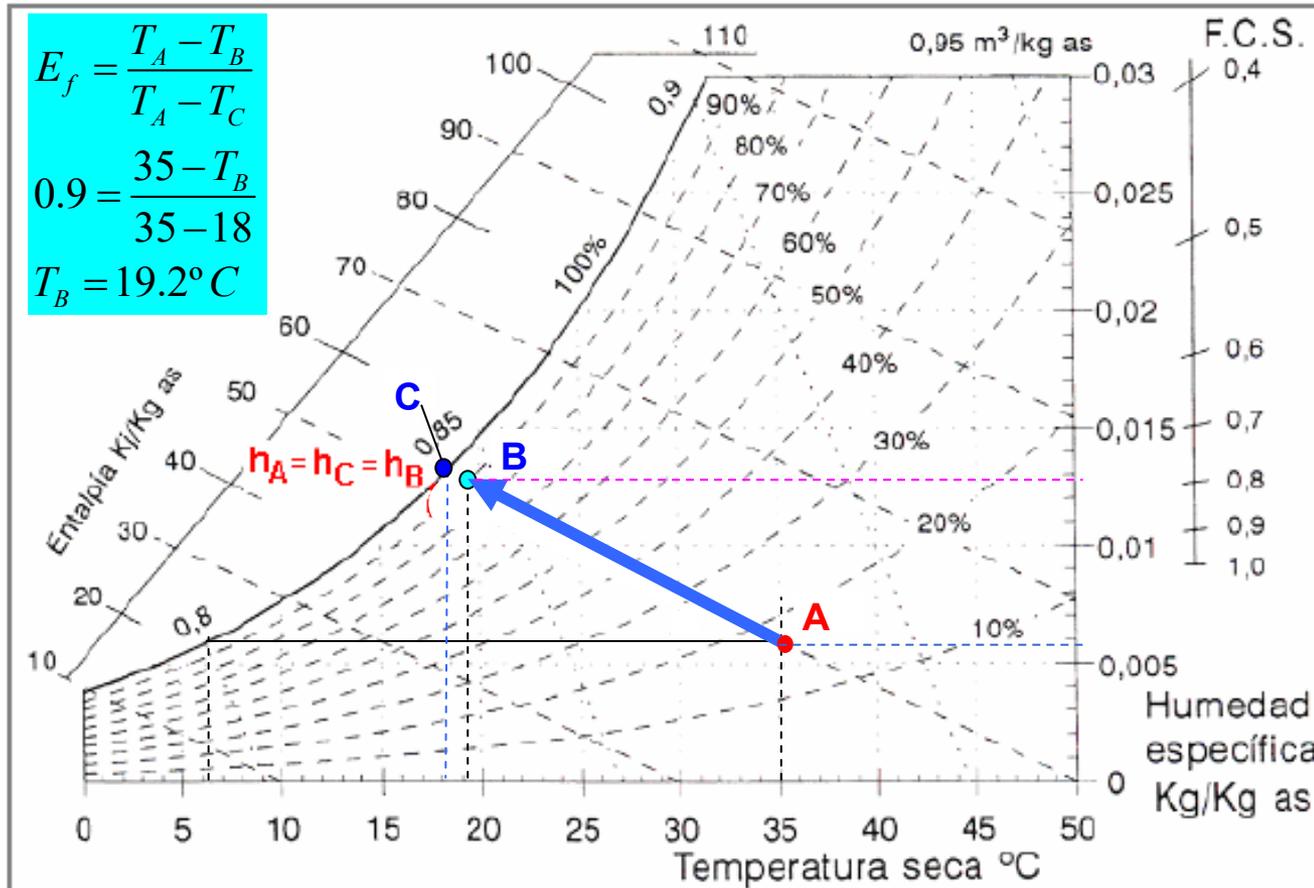
$$E = \frac{T_A - T_B}{T_A - T_C}$$

Cuando no se consigue la saturación se cumple que

$$T_{\text{final}} < T_C = T_{\text{sat}}$$

Ejemplo de enfriamiento por humidificación

Especificar las condiciones de entrada y salida de un flujo de aire que entra en un humidificador con $T_s=35^\circ\text{C}$, $T_h=18^\circ\text{C}$, suponiendo una eficiencia del 90%



ENTRADA:

$T_s = 35^\circ\text{C}$

$T_h = 18^\circ\text{C}$

$W = 0.006$

$h = 52\text{KJ/kg}$

$HR = 18\%$

SALIDA

$T_s = 19.2^\circ\text{C}$

$T_h = 18^\circ\text{C}$

$W = 0.013$

$h = 52\text{KJ/kg}$

$HR = 90\%$

El aire se enfría y casi se satura

$\Delta T = T_B - T_A = 17,1^\circ\text{C}$

$\Delta W = W_B - W_A = 0,007$

1.-Propiedades del aire húmedo a nivel del mar si su T seca es 30°C y la húmeda de 23°C:

La tabla psicrométrica cambia con la presión atmosférica (por ello con la altura sobre el nivel del mar)

