

AIRE ACONDICIONADO

Mezcla de gases ideales

Aire húmedo es una mezcla de aire seco + vapor de agua disperso en el aire



Aire seco +
vapor de agua

$$m_T = m_{aire} + m_{vapor} \quad PM_{aire} = 29 \frac{kg}{Kmol} \quad PM_{vapor} = 18 \frac{kg}{Kmol}$$

m masa , N mol , y es la fracción molar:

$$N_T = N_{aire} + N_{vapor} \quad y_{aire} = \frac{N_{aire}}{N_T} \quad y_{vapor} = \frac{N_{vapor}}{N_T}$$

$$N_{aire} = \frac{m_{aire}}{PM_{aire}} \quad N_{vapor} = \frac{m_{vapor}}{PM_{vapor}}$$

Peso molecular total M en kg/kmol:

$$PM_{TOTAL} = \frac{m_T}{N_T} = y_{aire} PM_{aire} + y_{vapor} PM_{vapor} \quad R_{Mezcla} = \frac{R_{universal}}{PM_{Total}} = \frac{8.314 \text{ kJ/kmolK}}{M_{Total} \text{ kg/kmol}}$$

Ecuación de estado de los gases:

$$P_{aire}v_{aire} = R_{aire}T \quad R_{aire} = \frac{R_{universal}}{PM_{aire}} = \frac{8.314 \text{ kJ/kmolK}}{29 \text{ kg/kmol}} = 287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$P_{vapor}v_{vapor} = R_{vapor}T \quad R_{vapor} = \frac{R_{universal}}{PM_{vapor}} = \frac{8.314 \text{ kJ/kmolK}}{18 \text{ kg/kmol}} = 462 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

Ley de Dalton de las presiones parciales, la presión es la suma de cada gas, si cada gas ocupa el total del volumen V:

$$P_{Total} = P_{aire} + P_{vapor}$$

entonces:

$$P_T = P_{aire} + P_{vapor} \quad y_{aire} = \frac{P_{aire}}{P_T} \quad y_{agua} = \frac{P_{vapor}}{P_T}$$

$$P_TV = m_TR_{Mezcla}T$$

Ejemplo

Considere una caja de un volumen $V = 1 \text{ m}^3$, calcule la masa de vapor MAXIMA que puede tener la caja y masa de aire seco en la caja a $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$

Propiedades de la Mezcla:

Energia interna:

$$U_T = U_{aire} + U_{vapor} = m_{aire}u_{aire} + m_{vapor}u_{vapor}$$

Entalpia:

$$H_T = H_{aire} + H_{vapor} = m_{aire}h_{aire} + m_{vapor}h_{vapor}$$

Entropia:

$$S_T = S_{aire} + S_{vapor} = m_{aire}s_{aire} + m_{vapor}s_{vapor}$$

$$\Delta S_T = \Delta S_{aire} + \Delta S_{vapor} = m_{aire}\Delta S_{aire} + m_{vapor}\Delta S_{vapor}$$

$$\Delta S_T = m_{aire}\left(C_{Paire}\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R_{aire}\ln\left(\frac{P_{aire\ 2}}{P_{aire\ 1}}\right)\right) + m_{vapor}\left(C_{Pvapor}\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R_{vapor}\ln\left(\frac{P_{vapor\ 2}}{P_{vapor\ 1}}\right)\right)$$

Entalpia aire seco:

$$\Delta h_{aire\ seco} = C_p \Delta T = 1 \left[\frac{kJ}{kgC} \right] \Delta T [C]$$

$$h_{aire\ seco} = C_p T = 1 \left[\frac{kJ}{kgC} \right] T [C] \text{ en aire acondicionado se toma el origen a } 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Cuando se usa la gráfica psicrometrica

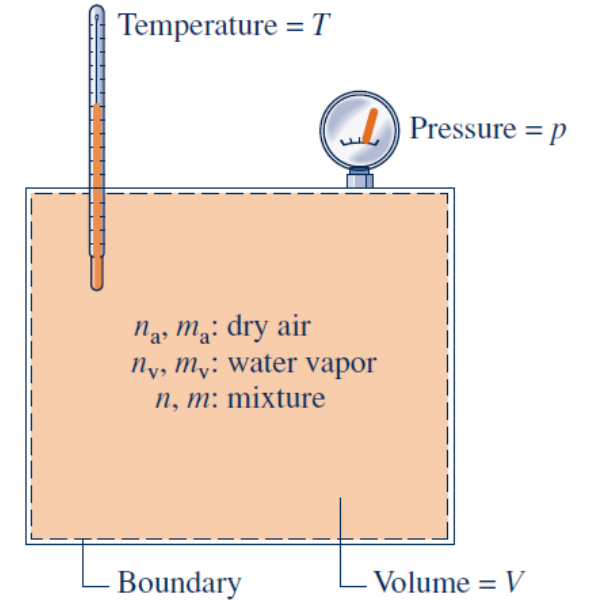
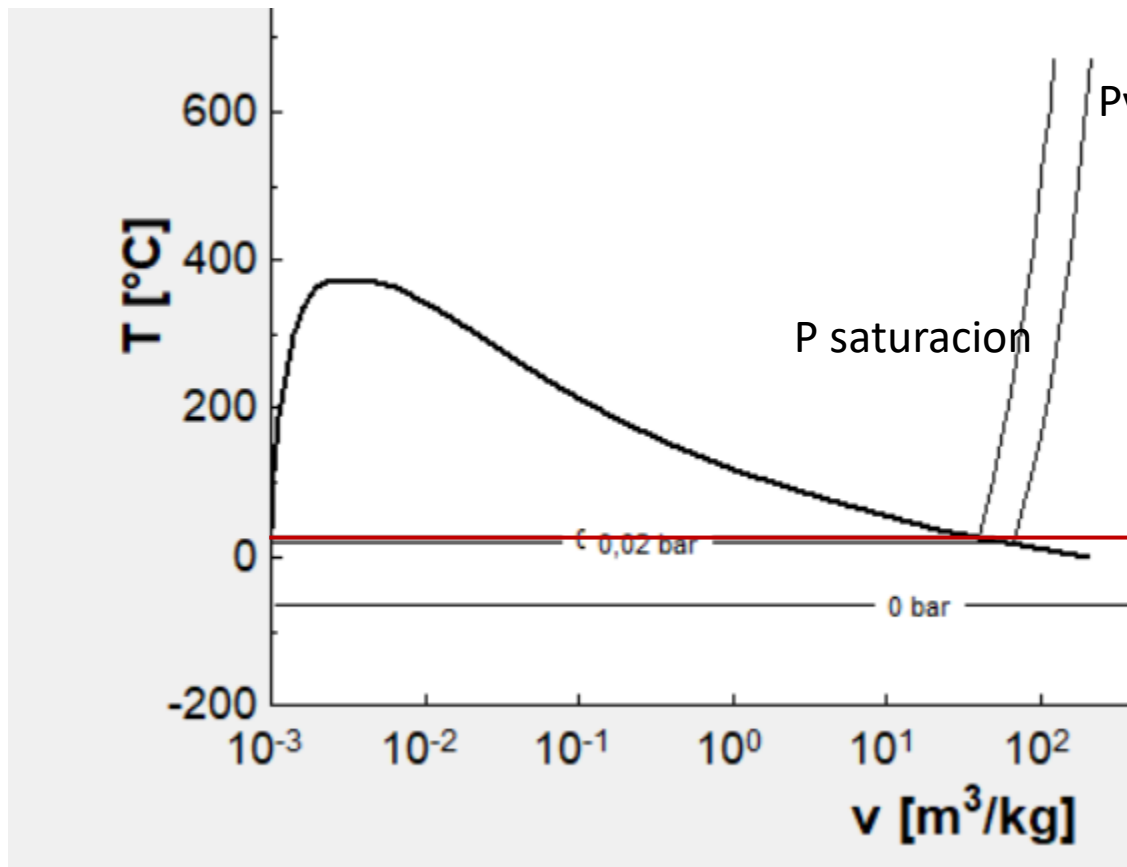
Presiones: $P_{atmosferica} = P_{aire} + P_{vapor}$ en la mayoría de los problemas la presión total es la atmosférica

Ecuaciones de estado:

$$P_{aire} v_{aire} = R_{aire} T \quad P_{atm} V = m_{aire} R_{aire} T \quad \text{aproximacion}$$

$$P_{vapor} v_{vapor} = R_{vapor} T \quad P_{vapor} V = m_{vapor} R_{vapor} T \quad P_{vapor} \ll P_{atm}$$

Como saber ¿la cantidad máxima de vapor de agua que puede tener el aire? Diagrama T-v agua:



P saturación vapor a 300 K=0.03567 bar
 $P_v < P_{\text{saturacion}}$
 Si $P_v = P_{\text{saturacion}}$ a T , se condensa y
 Tenemos gotas de agua en aire

Humedad absoluta

Humedad absoluta es el cuociente de las masas de vapor al aire:

$$\omega = \frac{m_{vapor}}{m_{aire}} \quad \text{kg de vapor de agua} / \text{kg de aire seco}$$

$$\omega = \frac{m_{vapor}}{m_{aire}} = \frac{P_v V / R_v T}{P_a V / R_a T} = \frac{R_a}{R_v} \frac{P_v}{P_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a}$$

$$\omega = \frac{m_{vapor}}{m_{aire}} = 0.622 \frac{P_v}{P_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_{atm} - P_v}$$

En el ejemplo anterior $w=0.025/1.16=0.022$ kg/kg, no es muy intuitiva (es muy ingenieril !), P_v máxima= P saturación a T , se condensa y tenemos gotas de agua en aire, w máximo es 0.022 kg/kg en este ejemplo.

Humedad Relativa

Varia entre 0 y 100% o entre 0 y 1 y es mas intuitiva:

$$\phi = \frac{P_v}{P_{\text{Saturacion}}} \quad \text{a la Temperatura } T$$

Combinando las 2 definiciones:

$$\phi = \frac{\omega P_T}{(0.622 + \omega) P_{\text{Saturacion}}}$$

$$\omega = \frac{0.622 \phi P_{\text{Saturacion}}}{(P_T - \phi P_{\text{Saturacion}})}$$

En aire seco se siente más frio ya que el aire tiene toda la capacidad de absorber agua, y puede absorber el sudor. En aire con alta humedad nos sentimos incomodos ya que el sudor o transpiración no puede ser absorbida por el aire, que ya está saturado y el sudor no se evapora.

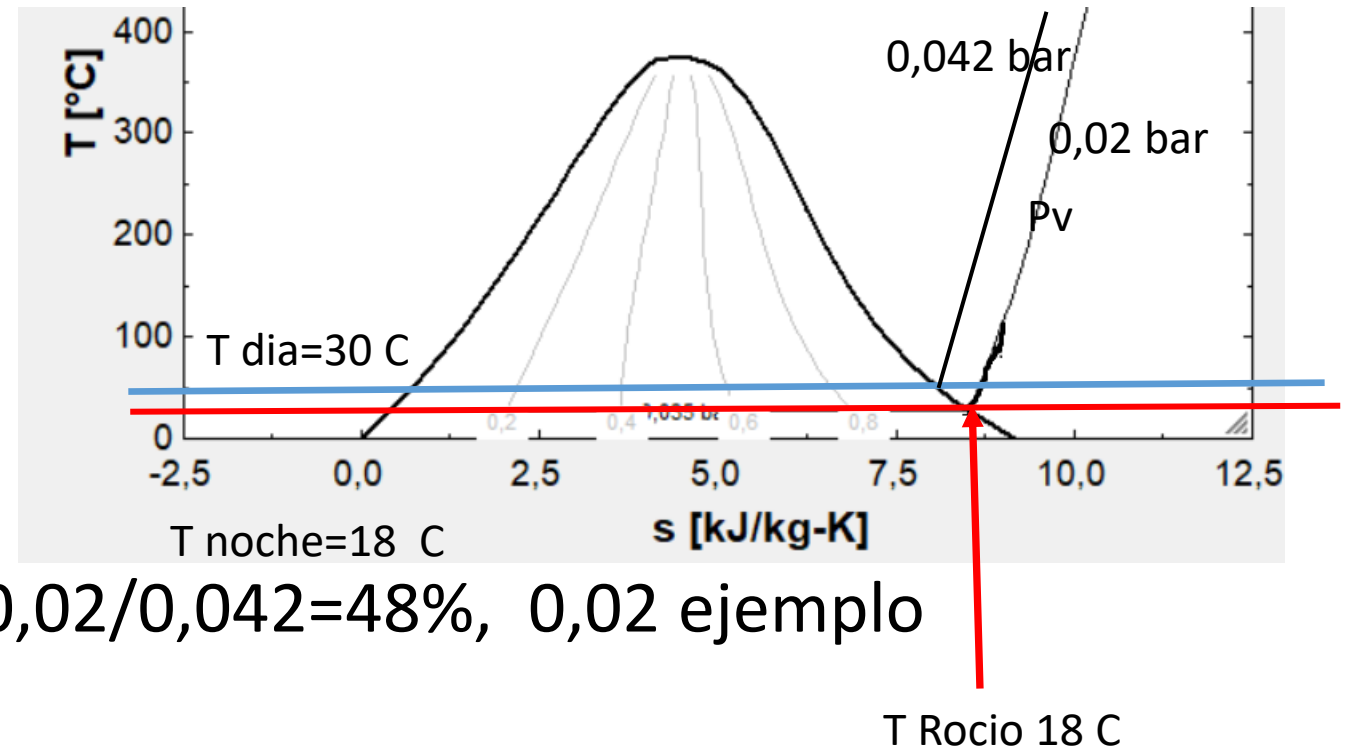
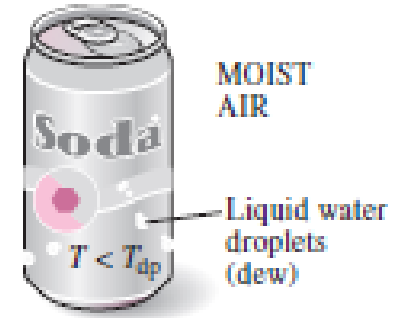
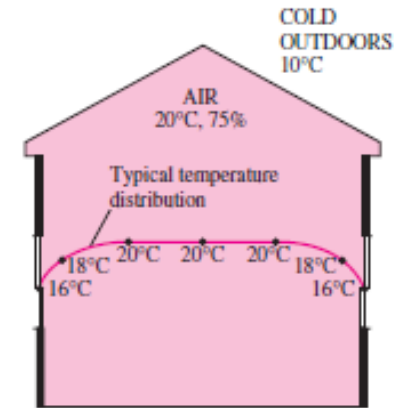
IDEAL : Humedad relativa alrededor de 50% y temperatura 20 C , con velocidad aire de 0.2 m/s.

Temperatura de rocío

Es la temperatura a la cual ocurre condensación por disminución de temperatura a P vapor fija, cambia la humedad relativa de x% a 100 %, y se produce condensación del vapor.

A 30 C la humedad relativa es de $0,02/0,042=48\%$, 0,02 ejemplo 0,042 TABLA

A 18 C la humedad relativa es de $0,02/0,02=100\%$



Entalpia mezcla

$$H = H_{aire} + H_{Vapor}$$

$$H = m_{aire}h_{aire} + m_{vapor}h_{Vapor}$$

La entalpia especifica se usa por Kilo de aire seco:

$$h = \frac{H}{m_{aire}} = h_{aire} + \frac{m_{vapor}}{m_{aire}} h_{Vapor}$$

$$h = \frac{H}{m_{aire}} = h_{aire} + \omega h_{Vapor}$$

Se acepta la aproximación:

$$h \sim h_{aire} + \omega h_{Vapor \text{ Saturado a } T}$$

Ecuaciones

Conservación de la masa para aire y vapor de agua incluyendo agua líquida que se agrega o saca:

$$\sum_{entra} \dot{m}_{aire} = \sum_{sale} \dot{m}_{aire} \quad kg/s$$
$$\sum_{entra} (\dot{m}_{vapor} + \dot{m}_{liquido}) = \sum_{sale} (\dot{m}_{vapor} + \dot{m}_{liquido}) \quad kg/s$$

Conservación de la energía para aire y vapor de agua incluyendo agua líquida que se agrega o saca, y calor:

$$\dot{Q}_{V.de Control} + \sum_{entra} (\dot{m}_{aire} h_{aire} + \dot{m}_{vapor} h_{vapor} + \dot{m}_{liquido} h_{liquido}) = \sum_{sale} (\dot{m}_{aire} h_{aire} + \dot{m}_{vapor} h_{vapor} + \dot{m}_{liquido} h_{liquido})$$

Grafico Psicrometrico

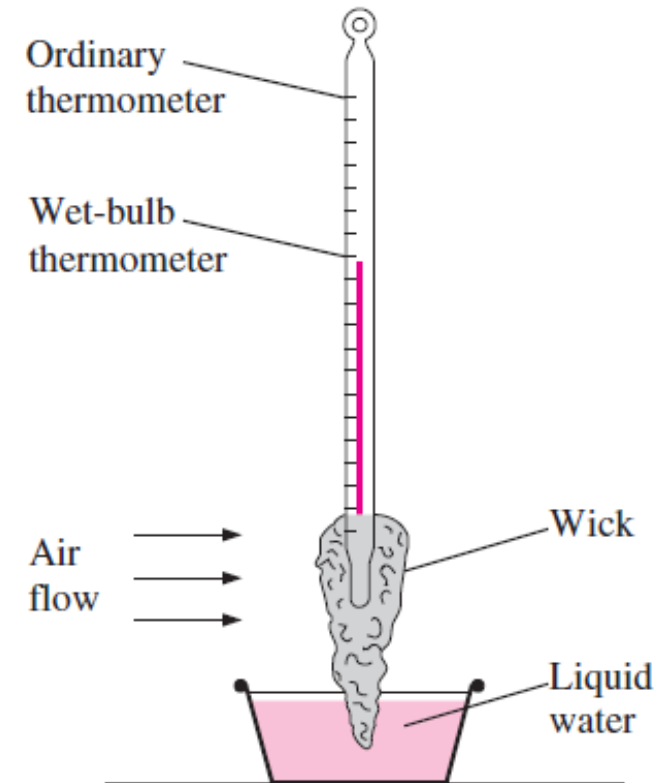
Temperatura de bulbo húmedo

Se cubre de algodón húmedo el termómetro.

Al pasar el aire se evapora parte del agua del algodón y por calor latente de cambio de fases la temperatura baja. Esta temperatura es la que se llama de bulbo húmedo.

Si el aire está saturado de vapor de agua, o tiene el 100% de humedad relativa, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de bulbo seco será igual.

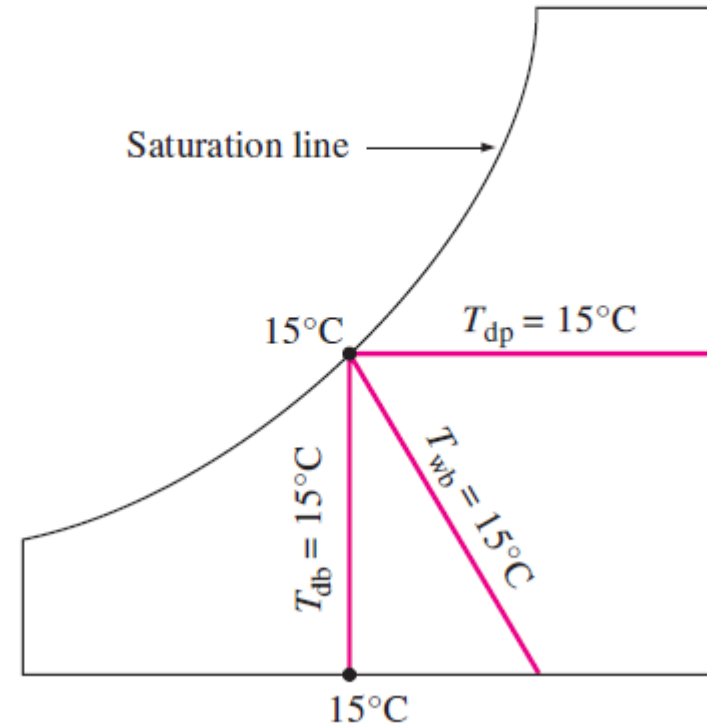
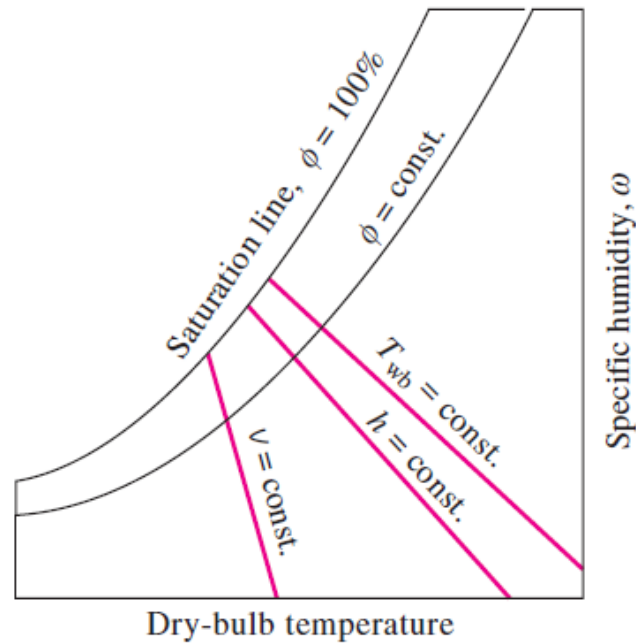
El aire ya está saturado con agua y el bulbo húmedo no proporciona un enfriamiento debido a que su agua no se evapora.

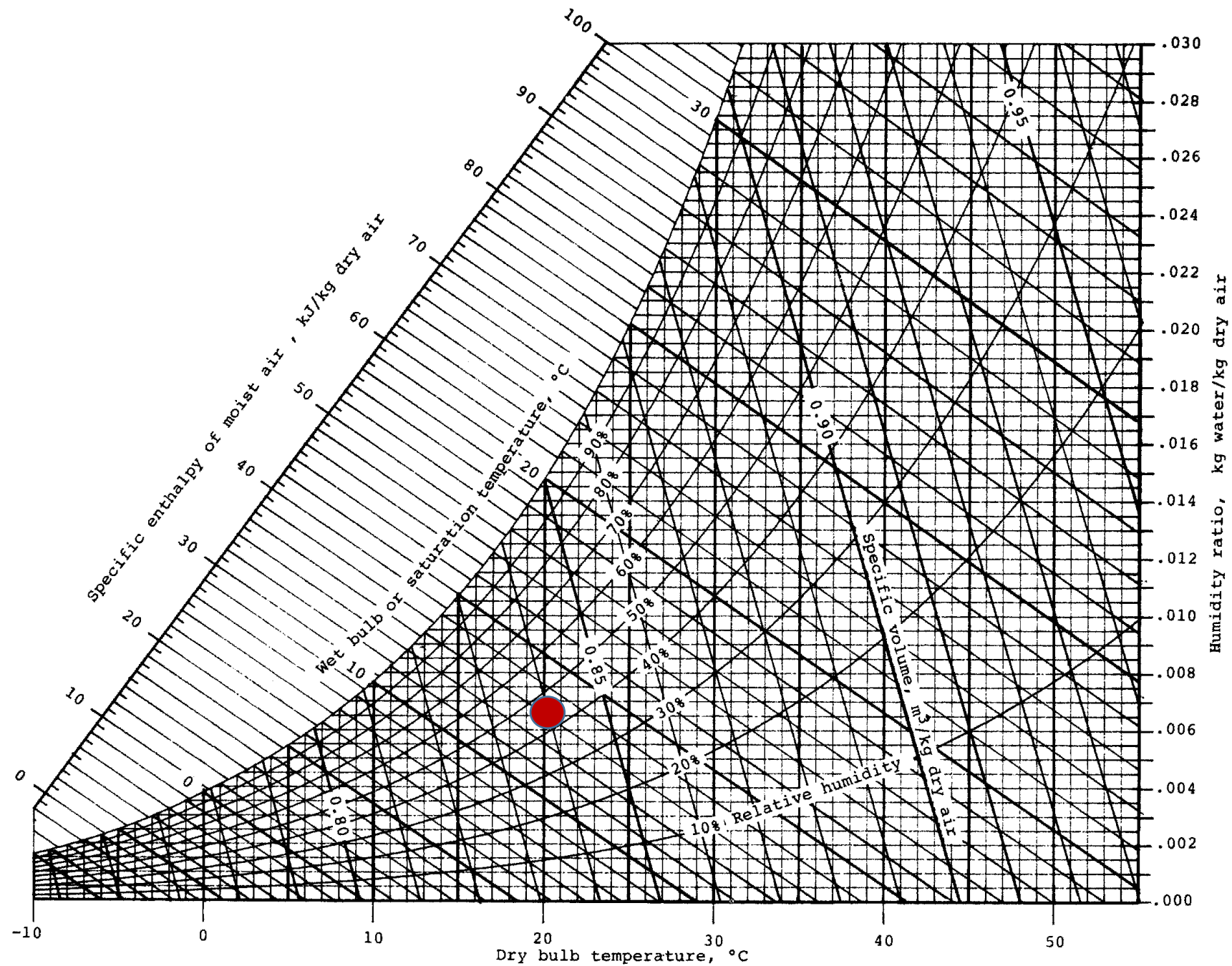


Temperatura aire seco y humedad absoluta.

Se grafica la línea de saturación o humedad relativa 100%

Se puede encontrar la temperatura de bulbo húmedo y la entalpia





Procesos de aire acondicionado

