

# INGENIERÍA DE CALOR

## INGENIERÍAS.

*Dr. Omar Martínez Alvarez.*



# TEMARIO

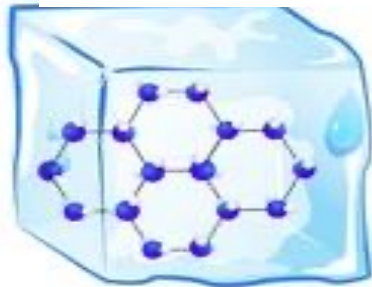
---

## Transferencia de calor en cambio de fase

- *Números adimensionales en el cambio de fase.*
- *Condensación y coeficientes de condensación.*
- *Evaporación y ebullición.*
- *Predicción de coeficientes.*



## Sólido



## Gas



## Líquido



*Sólido: Se arreglan en un patrón tridimensional (enrejado) que se repite por todo el sólido, presentan pequeñas distancias intermoleculares, grandes fuerzas de atracción y mantienen posiciones fijas dentro del sólido.*

*Líquido: El esparcimiento molecular es parecido al de la fase sólida excepto que ya no mantienen posiciones fijas entre si.*

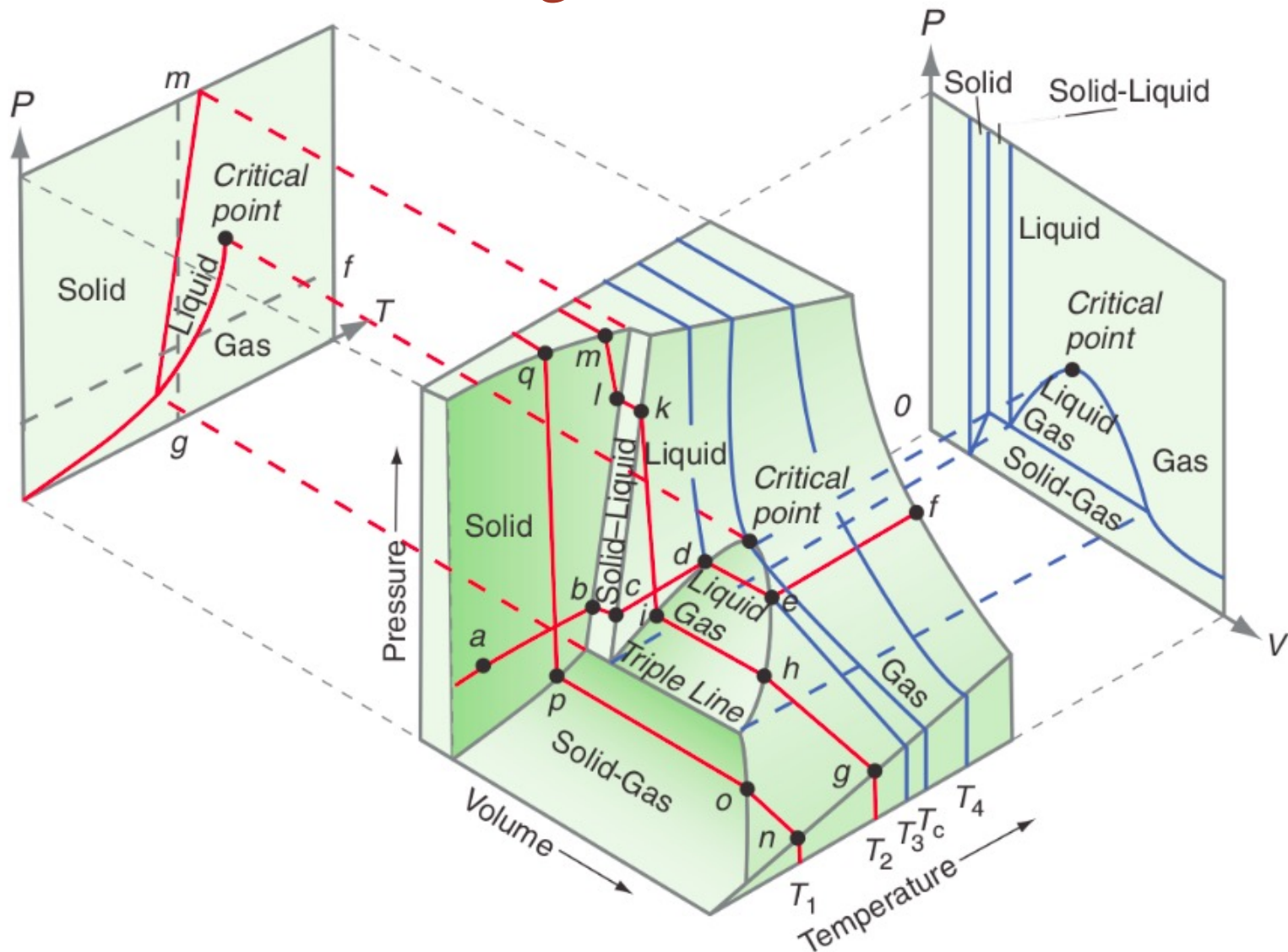
*Gas: Las moléculas están bastante apartadas unas de otras y no hay un orden molecular, sus moléculas se mueven al azar en continuo choque entre si y con las paredes que lo contienen.*



# Estados de agregación de la materia



## Diagramas P-v-T



**Líquido comprimido ó subenfriado.**

estado 1



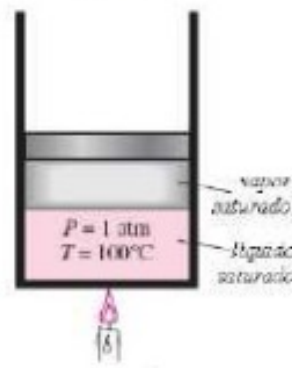
**Líquido saturado.**

estado 2



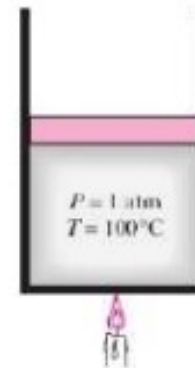
**Vapor húmedo ó mezcla saturada líquido-vapor**

estado 3



**Vapor saturado (seco)**

estado 4



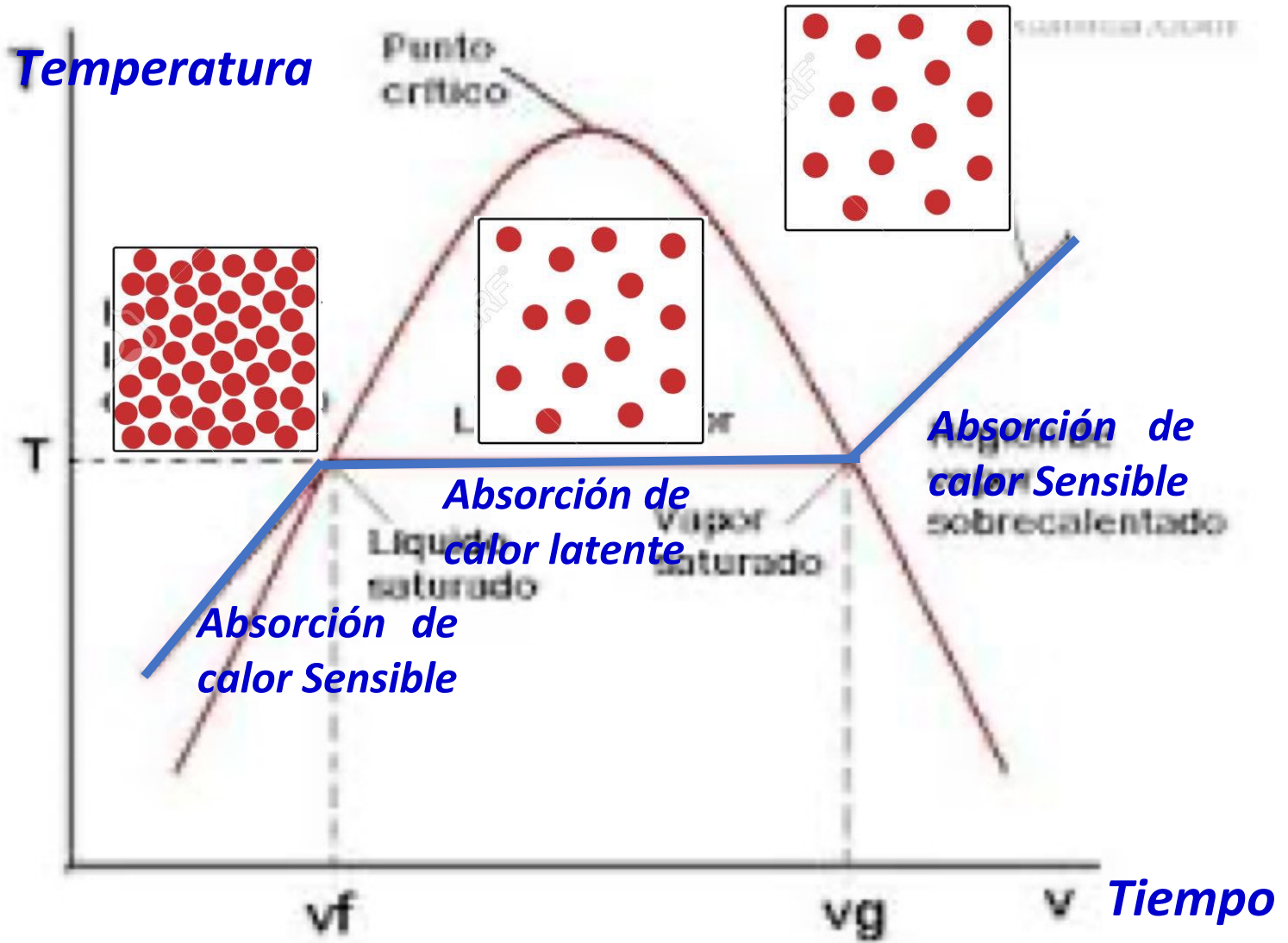
**Vapor sobrecalentado**

estado 5





## *Transferencia de calor en cambio de fase.*



Sólido  $\Leftrightarrow$  líquido  $\Leftrightarrow$  gas

El calor dependerá únicamente de la masa y del tipo de cambio de fase.

$$Q = m L$$

Donde  $L$  es el calor latente de la sustancia. El cual puede ser dos tipos:

- $L_f$  calor latente de fusión
- $L_v$  calor latente de vaporización





si el cambio de fase es de **Sólido**  $\Leftrightarrow$  **liquido**

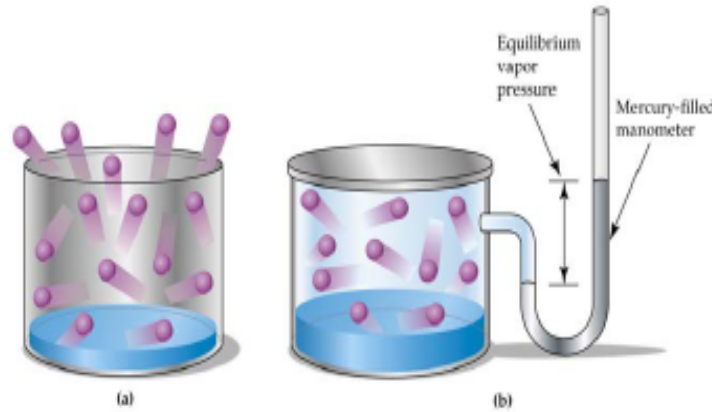


Calor de fusión es el calor necesario para fundir una sustancia sin modificar su temperatura.

$$Q = m L_f$$

donde  $L_f$  es el calor latente de fusión

Así, si el cambio de fase es de **líquido**  $\Leftrightarrow$  **gas**



El calor de evaporación ó el calor necesario para vaporizar una sustancia sin modificar su temperatura.

$$Q = m L_e$$

donde  $L_e$  es el calor latente de evaporación

**Establezca las ecuaciones asociadas a la cantidad de calor transferido para el cambio de fase de hielo (-10°C) a vapor (105 °C)**

**Establezca las ecuaciones asociadas a la cantidad de calor transferido para el cambio de fase de hielo (-10°C) a vapor (105 °C)**

$$Q_1 = m_1 c_{p1} \Delta T_1$$

$$Q_2 = m_2 h_f$$

$$Q_3 = m_3 c_{p3} \Delta T_3$$

$$Q_4 = m_4 h_v$$

$$Q_5 = m_5 c_{p5} \Delta T_5$$

**Tabla de Calor**

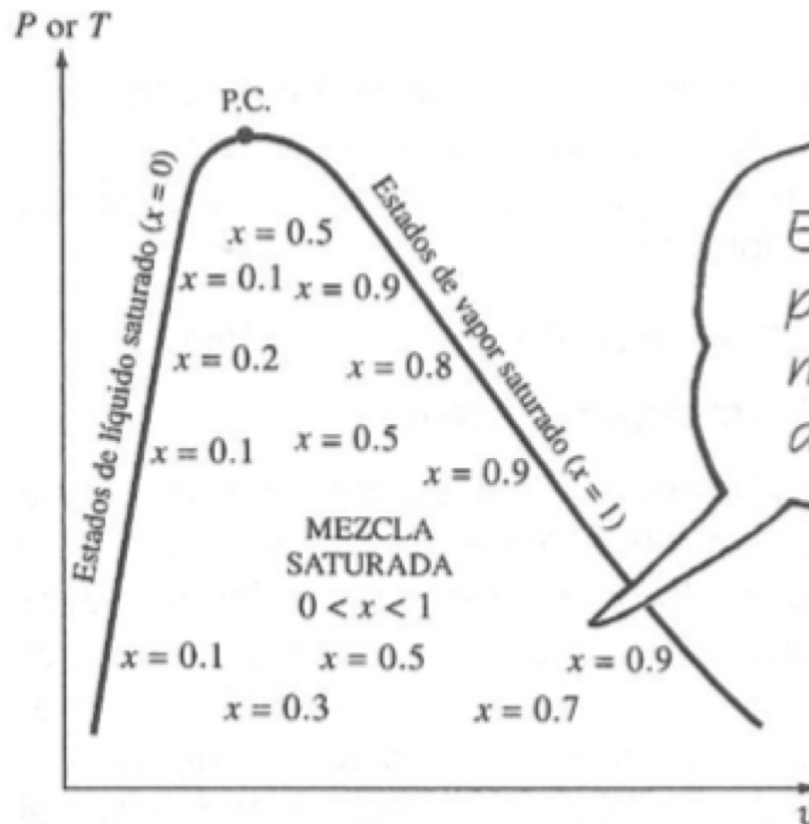
Material	Específico (c <sub>e</sub> )		Fusión (l <sub>f</sub> )		Vaporización (l <sub>v</sub> )	
	kcal/kg·°C	kJ/kg·K	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg
Aceite de Oliva	0,400	1,675	-	-	-	-
Acero	0,110	0,460	104	25	204	854
Acetona	0,510	2,136	22,9	96	125	524
Agua líquida	<u>1,000</u>	4,180	-	-	-	-
Agua sólida (hielo)	<u>0,500</u>	2,094	<u>79,7</u>	333	-	-
Agua vapor	<u>0,482</u>	2,018	-	-	<u>539</u>	2.260
Aire seco	0,240	1,005	-	-	-	-
Alcohol etílico	0,600	2,513	24,9	104,2	203,9	854
Alpaca	0,095	0,398	-	-	-	-
Aluminio	0,215	0,900	77-94	322 - 394	2.202	9.220
Amoníaco (líquido)	0,112	0,470	108	452	327	1.370
Antimonio	0,049	0,205	39,4	165	134	561
Azufre	0,179	0,750	5,9	35	208	870
Benceno	0,042	0,175	30,3	127	95	396
Berilio	0,470	1,970	-	-	-	-
Bronce	0,086	0,360	-	-	-	-



## Mezcla saturada de líquido-vapor

$$x = m_{\text{vapor}} / m_{\text{total}}$$

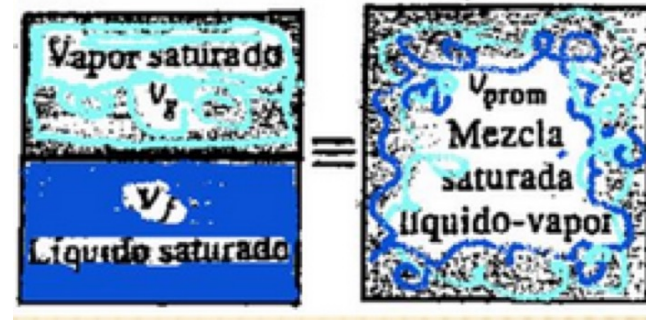
$$m_{\text{total}} = m_{\text{líquido}} + m_{\text{vapor}} = m_f + m_g$$



El cálculo de las propiedades de una mezcla saturada implica a la calidad  $x$

$$v = v_f + v_g$$

$$v = m_t v \rightarrow m_t v_{prom} = m_f v_f + m_g v_g$$



$$m_f = m_t - m_g \rightarrow m v_{prom} = (m_t - m_g) v_f + m_g v_g$$

$$v_{prom} = (1 - x) v_f + x v_g$$

$$v_{prom} = v_f + x v_{fg} \quad (m^3/kg)$$

$$v_{fg} = v_g - v_f$$

$$y_{prom} = y_f + x y_{fg}$$

$$u_{prom} = u_f + x u_{fg} \quad (kJ/kg)$$

$$h_{prom} = h_f + x h_{fg} \quad (kJ/kg)$$

$$X = \frac{v_{prom} - v_f}{v_{fg}}$$



Condensación

Vaporización

Condensación

de gota

Pélcula

Vapores Simple

Vapores multicomponente

