



TERMODINÁMICA

Departamento de Física
Carreras: *Ing. Industrial y Mecánica*

Trabajo Práctico N° 2: PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS

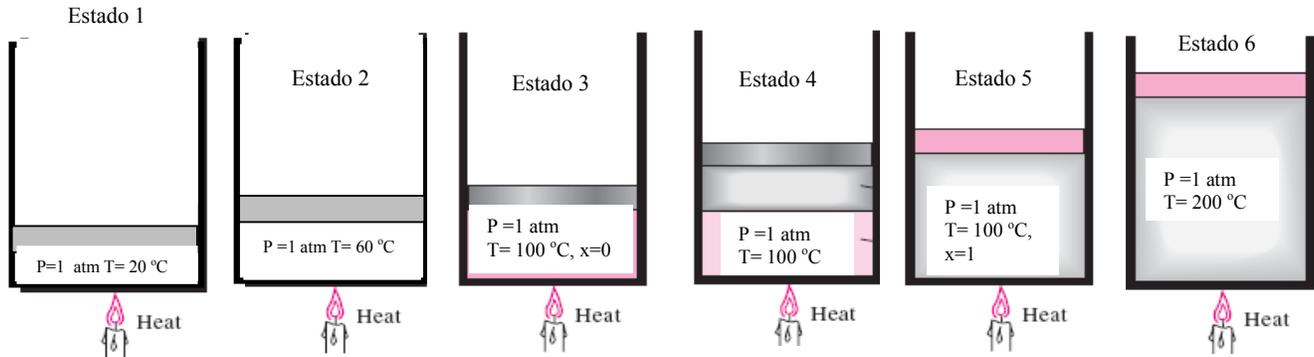
La preocupación por el hombre y su destino debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein.

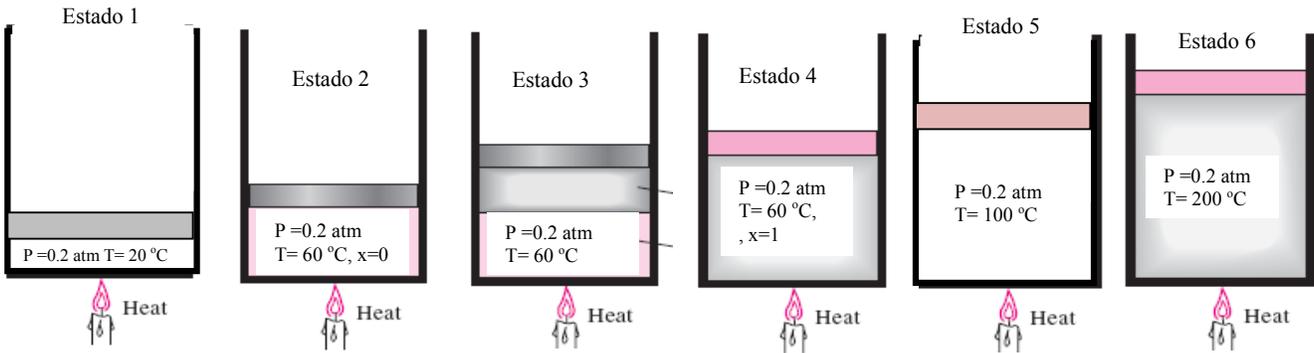
Sustancias puras, procesos de cambios de fase, diagramas de fase

1) Considere las figuras de un dispositivo de cilindro-émbolo, que contiene agua, al que se le entrega calor.

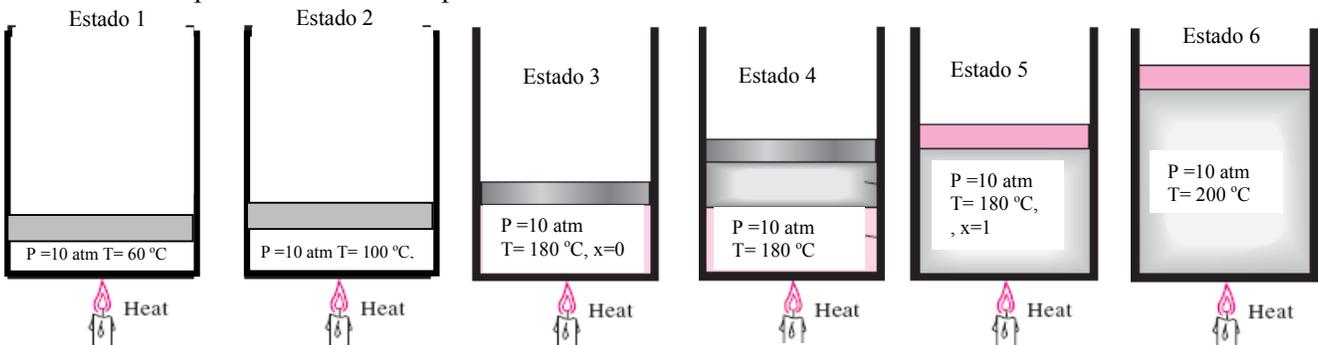
a) Identifique cualitativamente cada estado en los diagramas T-v y P-v e indique en qué fase se encuentra la sustancia pura mencionada. (Tome $1 \text{ atm} \approx 1 \text{ bar}$)



b) Repita el inciso a) si la presión es 0.2 atm



c) Repita el inciso a) si la presión es 10 atm



2) A pensar!!!!

- a) ¿Por qué un cubo de hielo a 0 °C es más eficaz para enfriar una bebida que la misma cantidad de agua a 0 °C?
- b) ¿Por qué se forma rocío en la superficie de una bebida fría?

3) Complete los espacios en blanco en la siguiente tabla de propiedades de vapor. En la última columna describa la condición del vapor como líquido subenfriado, mezcla, vapor sobrecalentado o información insuficiente y, si es aplicable, dé el título

P (bar)	T (°C)	v (m ³ /kg)	Descripción de condición y título (si es aplicable)
3		0.3034	
1.5	400		
100		1.0034×10 ⁻³	

4) En la literatura no hay disponibles muchas tablas con datos de líquidos subenfriados. A través del siguiente análisis estudie cómo salvar esa falta de datos.

a) Determine el volumen específico de agua líquida subenfriada (o comprimida) a 80 °C y 5 MPa, usando

- (i) los datos de las tablas de líquido subenfriado
- (ii) aproximando a esa T con los datos de líquido saturado.
- (iii) aproximando a esa P con los datos de líquido saturado.

b) ¿Cuál es el error porcentual cometido en los incisos (ii) y (iii)?

c) Con los resultados de los inciso a) y b) concluya cuál es la aproximación más eficiente.

5) Un recipiente rígido con un volumen de 2.5 m³ contiene 15 kg de una mezcla saturada líquido-vapor de agua a 75 °C. El agua se calienta lentamente. Determine la temperatura a la que el líquido en el recipiente se evapora por completo y también muestre el proceso en un diagrama P-v.

R: 187.3 °C

6) Un recipiente rígido de 0.3 m³ contiene inicialmente una mezcla saturada líquido-vapor de agua a 150 °C. El agua se calienta hasta que alcanza el estado crítico. Determine la masa del agua líquida y el volumen que ocupa el líquido en el estado inicial.

Represente el proceso en un diagrama P-v.

R: 94.6 kg, 0.103 m³.

7) Determinar el volumen ocupado por 10 kg de agua a una presión de 10 MPa y a las siguientes temperaturas: T₁ = 50 °C, T₂ = 200 °C, T₃ = 400 °C y T₄ = 700 °C.

R: V₁ = 0.0101 m³, V₂ = 0.0115 m³, V₃ = 0.2641 m³, V₄ = 0.4358 m³.

8) Un recipiente rígido, cerrado con un $V=0.5 \text{ m}^3$ se calienta con una placa eléctrica. Inicialmente el recipiente contiene agua como una mezcla bifásica de líquido saturado y vapor saturado a $P=1 \text{ bar}$ y título de 0.5. Tras calentarlo, la presión se eleva a 1.5 bar.

Determinar:

- La temperatura, en $^{\circ}\text{C}$, para cada estado.
- La masa de vapor presente en cada estado, en kg.
- Si se sigue calentando, determina la presión, en bar, en el recipiente cuando éste sólo contiene vapor saturado.

R: a) $93.63 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $111.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, b) 0.295 kg , 0.431 kg , c) 2.116 bar .

9) En un dispositivo cilindro-émbolo se hallan contenidos 2 kg de agua líquida saturada. Se suministra calor al fluido hasta que se alcanza un estado (2) de $T_2 = 160 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego por otro calentamiento ulterior se llega a un estado (3) de $T_3 = 400 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Calcular el volumen ocupado por el fluido en los estados 1, 2 y 3.

Datos: Masa del émbolo: 16000 kg .

Diámetro del cilindro: 2 m .

R: $V_1 = 0.002 \text{ m}^3$, $V_2 = 2.634 \text{ m}^3$, $V_3 = 4.134 \text{ m}^3$.

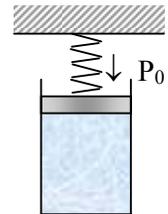
10) El cilindro de la Fig. contiene una masa de 0.01 kg de vapor húmedo de agua ($x = 0.90$). Inicialmente el resorte se encuentra en su longitud natural (descargado). La masa del pistón es de 160 kg y el diámetro interior del cilindro es de 0.20 m . Por la base del cilindro se le suministra calor hasta que el resorte se comprime 9.4 cm .

Calcular la temperatura final del vapor.

Representar los estados inicial y final en el plano P-v.

Datos: constante del resorte: $k = 50 \text{ kN/m}$; $P_0 = 1 \text{ bar}$.

R: $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



11) Un tanque cuyo volumen se desconoce se divide en dos partes por medio de una separación. Un lado del tanque contiene 0.01 m^3 de refrigerante 134a en forma de líquido saturado a 0.8 MPa , en tanto que se vacía el otro lado. Después se elimina la separación y el refrigerante llena todo el tanque. Si el estado final del refrigerante es $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y 200 kPa , determine el volumen del tanque.

R: 1.43 m^3

R-134a $V = 0.01 \text{ m}^3$ $P = 0.8 \text{ MPa}$	Vacío
---	-------

Gases ideales

12) Responder:

- ¿En qué condiciones es apropiado suponer como gas ideal a los gases reales?
- ¿El vapor de agua es un gas ideal?
- ¿Cuál es la diferencia entre R y R_u ? ¿Cómo se relacionan?

13) Un globo esférico con un diámetro de 6 m se llena con helio a 20 °C y 200 kPa. Determine el número de moles y la masa de helio en el globo.

R: 9.28 kmol, 37.15 kg.

14) Se llena un globo con metano (CH₄) a 20 °C y 1 bar, hasta que el volumen alcanza 26.40 m³.

Calcular:

a) La masa del metano, en kg.

b) El volumen del globo, en m³, si este asciende a cierta altura donde las condiciones son 0.84 bar y 0 °C.

R: a) 17.3 kg, b) 29.3 m³.

15) Un tanque contiene un gas no identificado. Para averiguar de qué gas se trata, se recurre al uso de un recipiente provisto de un manómetro. Dicho recipiente es evacuado y pesado. Luego se lo conecta con el tanque, fluyendo el gas hasta que la presión del manómetro indique 1 atm. Se vuelve a pesar el recipiente y se obtiene que la masa del gas añadido es 13 g. El recipiente se halla en equilibrio con el ambiente que se halla a 27 °C y su volumen es de 5 L. ¿Cuál es el gas contenido en el tanque?

R: Oxígeno.

16) Dos depósitos aislados, A y B, están conectados mediante tuberías apropiadas por medio de una válvula inicialmente cerrada. El depósito A contiene nitrógeno a 1.5 bar y 37 °C en un volumen de 0.030 m³. El depósito B contiene nitrógeno a 2.7 bar y 60 °C. Se abre la válvula y se retira el aislamiento. En el equilibrio, la presión es de 2 bar y la temperatura es la del ambiente, 27 °C. Calcule el volumen del depósito B en m³.

R: 0.0382 m³.

17) Un depósito rígido de 10 ft³ de volumen contiene monóxido de carbono gaseoso a 80 psia y 110 °F. Se produce un escape de gas hasta que la presión es 50 psia y 80 °F. Calcule el volumen, en ft³, ocupados por el gas que escapa, en condiciones atmosféricas (14.7 psia y 70 °F).

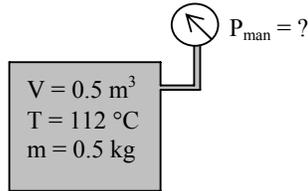
R: 17.2

18) Un depósito rígido con un volumen de 3 m³ contiene un gas, cuya masa molar es de 30 kg/kmol, a 8 bar y 47 °C. El gas se escapa del depósito hasta que la presión es igual a 3 bar a 27 °C. Calcule el volumen, en m³, ocupado por el gas que sale si se encuentra a 1 bar y 22 °C.

R: 13.28

19) La presión en una cámara de una rueda de automóvil depende de la temperatura del aire de la misma. Cuando la temperatura del aire es 25 °C, el manómetro registra 210 kPa. Si el volumen de la cámara es de 0.025 m³, determine el aumento de presión en la cámara cuando la temperatura del aire en su interior aumenta a 50 °C. También determine la cantidad de aire que debe sacarse para regresar la presión a su valor original a esta temperatura. P₀ = 100 kPa. Suponga que el volumen permanece constante.

20) Se coloca medio kilogramo de helio en un depósito rígido de 0.5 m^3 . Si la temperatura es de $112 \text{ }^\circ\text{C}$ y la presión barométrica 1 bar, determine la lectura, en bar, de un manómetro conectado al depósito.



Gases reales

21) Determine el volumen específico del vapor del refrigerante 134a a 0.9 MPa y 373 K con base en:

- La ecuación de gas ideal.
- El diagrama de compresibilidad generalizado.

Compare estos resultados con los datos que ofrecen las tablas y determine el error en cada caso.

R: a) $0.03378 \text{ m}^3/\text{kg}$, 9.14 %; b) $0.03209 \text{ m}^3/\text{kg}$, 3.68 %.

22) En un depósito de 10 m^3 se tiene dióxido de azufre ($M=64.06 \text{ kg/kmol}$) a 51 bar y $180 \text{ }^\circ\text{C}$. Se calienta hasta $245 \text{ }^\circ\text{C}$. Obtenga:

- La masa del depósito en kg.
- La presión final en bar, utilizando el diagrama de compresibilidad.
- La presión final utilizando el modelo de gas ideal.

R: a) 1100 kg, b) 61.4 bar, c) 58.3 bar

23) En un recipiente rígido, sin aislación térmica, hay 45 kg de dióxido de carbono a $48 \text{ }^\circ\text{C}$ y 100 atm . Se abre una válvula localizada a un lado del recipiente y el CO_2 se escapa muy lentamente hasta que la presión descende a 47 atm , momento en el cual se cierra la válvula. La temperatura en el tanque es de $37 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcular la masa de CO_2 que se escapa del tanque. Utilice la gráfica de compresibilidad.

R 33.7 kg.

24) Una cantidad fija de vapor de agua, inicialmente a 20 MPa y $520 \text{ }^\circ\text{C}$, se enfría a volumen constante hasta que su temperatura alcanza los $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Utilizando la gráfica de compresibilidad determine:

- el volumen específico del vapor de agua en el estado inicial, en m^3/kg .
- la presión en MPa en el estado final.

R: $0.015 \text{ m}^3/\text{kg}$, b) 15.24 MPa .

25) Calcular la presión ejercida por 1 mol de metano (CH_4), en un recipiente de 0.5 L a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a partir de las ecuaciones de estado:

- Gas ideal.
- Van der Waals.
- Utilizando la gráfica de compresibilidad.

Para CH_4 : $a = 2.25 \text{ L}^2\text{atm.mol}^{-2}$, $b = 0.0428 \text{ L.mol}^{-1}$.

R: a) 48.9 atm , b) 44.6 atm .

26) a) Compare el volumen específico del vapor de agua de tabla con el obtenido a partir de la ecuación de estado que utiliza el factor de compresibilidad, para los siguientes estados:

(1) 400 °C y 0.1 MPa

(2) 400 °C y 10 MPa

a) Represente cada estado en un diagrama P-v.

b) ¿Cuál de los dos estados podrá ser modelado como gas ideal?

27) Un recipiente de 3.27 m³ contiene 100 kg de nitrógeno a 175 K. Determine la presión en el recipiente con

a) la ecuación de gas ideal,

b) la ecuación de Van der Waals,

c) compare los resultados con el valor real de 1505 kPa.