



## PROBLEMARIO No. 2

Veinte problemas con respuesta sobre los  
Temas 3 y 4 [Trabajo y Calor. Primera Ley de la Termodinámica]

### PROBLEMA 1

Se tiene un cilindro-pistón que contiene argón a 300 kPa y 200°C. El sistema se expande desde el volumen inicial de 0,2 m<sup>3</sup> hasta que su temperatura es de 100°C. La expansión se lleva a cabo según la relación  $PV^{1,2}=\text{constante}$ . Determinar el trabajo realizado por el gas durante el proceso.

**Resp:** 63,4 kJ

### PROBLEMA 2

Un globo se construyó de un material tal que su presión interna es proporcional al cuadrado de su diámetro. Inicialmente el globo contiene 2 kg de amoníaco a 0°C y 60% de calidad. El globo se calienta hasta llegar a una presión interna de 600 kPa. ¿Cuál es el trabajo realizado por el amoníaco?

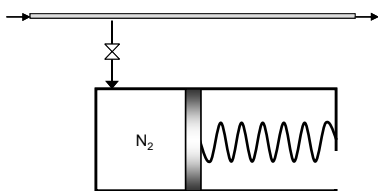
**Resp:** 117,2 kJ

### PROBLEMA 3

El aire contenido en un sistema cilindro-pistón es sometido a un proceso politrópico (es decir, se cumple la relación  $PV^n=\text{constante}$ ). Los estados inicial y final son  $P_1=125$  kPa,  $T_1=50^\circ\text{C}$ , y  $P_2=300$  kPa,  $T_2=225^\circ\text{C}$ , respectivamente. Determinar la constante  $n$  y el trabajo específico para este proceso.

**Resp:** 1,978; -51,3 kJ/kg

### PROBLEMA 4



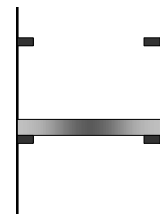
El sistema cilindro-pistón mostrado en la figura contiene nitrógeno a 20°C y está conectado mediante una válvula a una línea por la que circula nitrógeno a 1 MPa. En el momento inicial el resorte, cuya constante de Hooke es de 100 kN/m, se encuentra en su posición de equilibrio a 1 m del extremo izquierdo del cilindro. Se abre la válvula permitiendo que entren 2 kg de nitrógeno al sistema, lo cual hace que la temperatura del nitrógeno contenido en el cilindro alcance los 100°C. En ese momento se

cierra la válvula. El área de la sección transversal del cilindro es 1 m<sup>2</sup> y la presión atmosférica es 100 kPa. Puede suponerse comportamiento ideal para el nitrógeno. Calcular la presión final en el tanque y el trabajo realizado por el gas.

**Resp:** 186,8 kPa; 124,4 kJ

### PROBLEMA 5

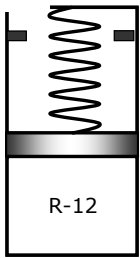
Considere el sistema pistón-cilindro de la figura, lleno con una mezcla líquido-vapor de agua. Cuando el pistón descansa sobre los topes inferiores, el volumen es de 0,4 m<sup>3</sup> y cuando llega a los topes superiores es de 0,6 m<sup>3</sup>. El pistón tiene una masa tal que se requiere una presión interna de 300 kPa para elevarlo. Inicialmente dentro del cilindro hay agua a 100 kPa y 20% de calidad. El sistema se calienta hasta que se convierte en vapor saturado. Determinar:



- La presión final dentro del cilindro.
- La transferencia de calor.
- El trabajo realizado por el agua.

**Resp:** a) 362 kPa; b) 2080 kJ; c) 60 kJ

**PROBLEMA 6**



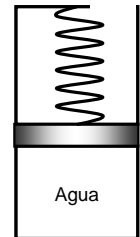
Un conjunto pistón-cilindro como el de la figura contiene R-12 a  $-30^{\circ}\text{C}$  y calidad 20%. El volumen es de  $0,2\text{ m}^3$ ; se sabe que el volumen cuando el pistón está en los topes superiores es  $0,4\text{ m}^3$ . Si el pistón descansa sobre el fondo, la fuerza del resorte equilibra las otras cargas sobre el pistón. Ahora se calienta hasta  $20^{\circ}\text{C}$ .

- a) Determine la masa del fluido.
- b) Dibuje el diagrama P-v.
- c) Calcule el trabajo y la transferencia de calor.

**Resp:** a) 6,14 kg; c) 30,1 kJ; 913 kJ

**PROBLEMA 7**

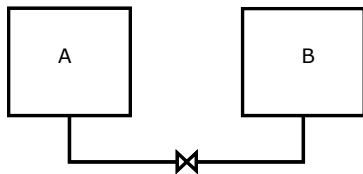
Un cilindro que tiene un pistón restringido por un resorte lineal (como en la figura) contiene 0,5 kg de vapor de agua saturado a  $120^{\circ}\text{C}$ . Se transfiere calor al agua, lo que hace que el pistón se eleve. Durante el proceso, la fuerza de resistencia del resorte es proporcional a la distancia que se mueve. La constante del resorte es  $15\text{ kN/m}$ . El área transversal del pistón es de  $0,05\text{ m}^2$ .



- a) ¿Cuál es la temperatura en el cilindro cuando la presión llega a 500 kPa?
- b) Calcule la transferencia de calor para el proceso.
- c) Grafique el proceso en un diagrama P-v.

**Resp:** a)  $802^{\circ}\text{C}$ ; b) 587 kJ

**PROBLEMA 8**

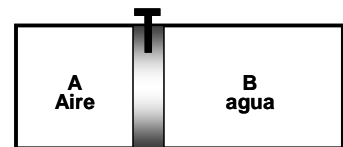


Dos tanques rígidos están conectados por una válvula. El tanque A contiene  $1\text{ m}^3$  de aire a  $25^{\circ}\text{C}$  y 500 kPa. El tanque B contiene 4 kg de aire a  $60^{\circ}\text{C}$  y 200 kPa. Se abre la válvula y el sistema completo alcanza equilibrio térmico con los alrededores que están a  $20^{\circ}\text{C}$ . Determine la presión final y la transferencia de calor. Suponer comportamiento ideal para el gas y calor específico  $C_v$  constante e igual a  $0,717\text{ kJ/kg K}$ .

**Resp:** a) 284 kPa; b) -135,7 kJ

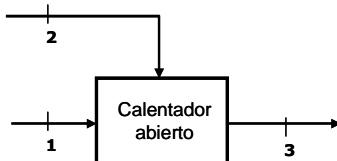
**PROBLEMA 9**

Un cilindro cerrado está dividido en dos compartimientos por un pistón sin fricción que tiene un pasador que lo mantiene fijo, como se muestra en la figura. El compartimiento A tiene 10 L de aire a 100 kPa,  $30^{\circ}\text{C}$ , y el compartimiento B tiene 300 L de vapor de agua saturado a  $30^{\circ}\text{C}$ . Se quita el pasador, lo cual libera al pistón y ambos compartimientos alcanzan equilibrio a  $30^{\circ}\text{C}$ . El agua al ser comprimida pasa a estado de mezcla líquido-vapor. Si se considera como sistema el aire más el vapor, determine el trabajo hecho por el sistema, y la transferencia de calor al cilindro.



**Resp:** 0; -15,7 kJ

**PROBLEMA 10**



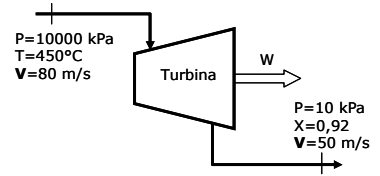
Un calentador de agua abierto (mezclador) opera en estado estable. Por la entrada 1 se alimentan  $10\text{ kg/s}$  de agua líquida a  $50^{\circ}\text{C}$  y 1 MPa. Por la entrada 2 se introducen  $2,2\text{ kg/s}$  de agua a una presión de 1 MPa. La salida 3 es líquido saturado a 1 MPa. Las pérdidas de calor al ambiente se pueden ignorar y los cambios en energía cinética y en energía potencial son despreciables. Determine el estado de la corriente 2, y calcule la temperatura si es sobrecalentado o la calidad si es una mezcla líquido vapor.

**Resp:** VSC;  $405^{\circ}\text{C}$

**PROBLEMA 11**

Aplice la primera ley para sistemas abiertos para resolver los siguientes problemas:

- a) Fluye vapor de manera estable a razón de 12 kg/s a través de una turbina adiabática. Las condiciones de entrada y salida se muestran en la figura. Determine el cambio en la energía cinética, la potencia, y el área de entrada de la turbina.
- b) Una válvula bien aislada sirve para estrangular vapor de agua desde 8 MPa y 500°C hasta 6 MPa. Determine la temperatura final del vapor.
- c) A una tobera adiabática, que tiene una relación de áreas (entrada a salida) de 2:1, entra aire a 600 kPa y 500 K con una velocidad de 120 m/s y sale con una velocidad de 380 m/s. Determine la temperatura y presión de salida del aire. Use  $C_p=1,025$  kJ/kg K (constante).



**Resp:** a) -23,4 kW; 10,35 MW; 50 cm<sup>2</sup>; b) 490,3°C; c) 436,6 K; 330,9 kPa

**PROBLEMA 12**

Se tiene un recipiente cerrado que contiene 1 kg de gas nitrógeno, inicialmente a 140 kPa y 300 K (estado 1). El gas se somete a los siguientes cuatro procesos:

- Se comprime adiabáticamente hasta una presión de 2100 kPa (estado 2),
- luego se calienta isobáricamente hasta una temperatura de 1800 K (estado 3),
- luego se expande adiabáticamente hasta que su volumen es igual al inicial (estado 4),
- finalmente mediante un proceso isocórico el gas regresa a su estado inicial.

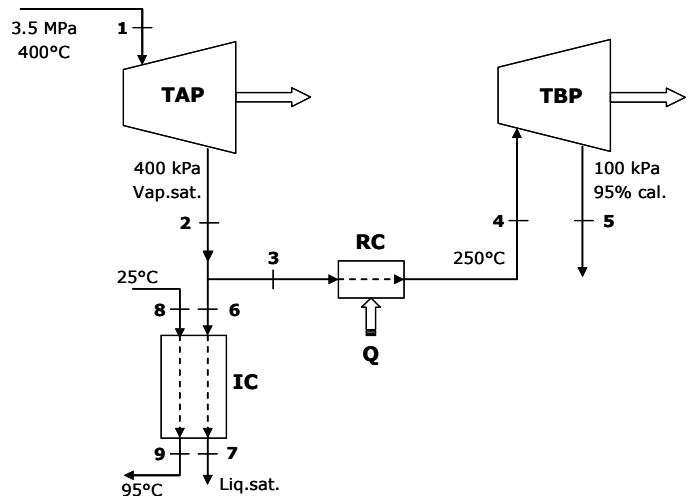
- a) Dibujar el ciclo en un diagrama P-V.
- b) Determinar el calor y el trabajo (en kJ) para cada uno de los cuatro procesos que forman el ciclo.

Suponer que el gas obedece la ecuación de estado de los gases ideales, y que los valores de los calores específicos son:  $C_p=1,039$  kJ/kg K,  $C_v=0,742$  kJ/kg K.

**Resp:** b) [Q=0; W=-260]; [Q=1194,4; W=341,4]; [Q=0; W=410]; [Q=-703,1; W=0]

**PROBLEMA 13**

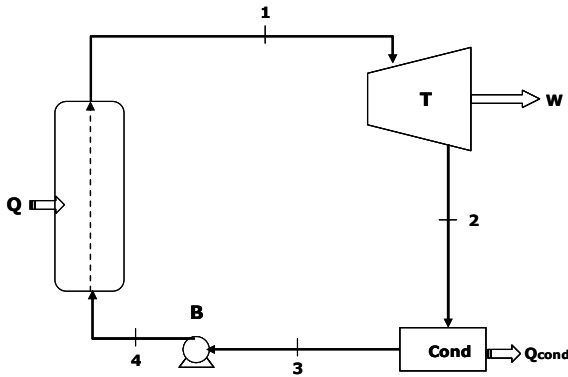
Considere el esquema de generación de potencia que se muestra. Un flujo de 3 kg/s de vapor de agua a 3,5 MPa y 400°C entra a la turbina TAP y sale como vapor saturado a 400 kPa. Se hace una extracción de este vapor para ser utilizado en el intercambiador de calor IC, donde se calienta un flujo de 2,5 kg/s de un aceite (cuyo  $C_p$  es 3,9 kJ/kg K) desde 25°C hasta 95°C; el vapor condensa y sale como líquido saturado. El resto del vapor que salió de la turbina se calienta en RC hasta 250°C, y luego entra a la turbina TBP, de donde sale a 100 kPa y 95% de calidad.



- a) ¿Cuál es el flujo de vapor que se requiere en el intercambiador de calor?
- b) ¿Cuánto calor se suministra en el recalentador RC?
- c) ¿Cuál es la potencia generada en cada turbina?

**Resp:** a) 0,32 kg/s; b) 606,7 kW; c) 1455,2 kW; 1078,4 kW

**PROBLEMA 14**



Considere la planta de potencia de la figura cuyo fluido de trabajo es agua. La salida de la caldera está a 2 MPa y 300°C; la salida de la turbina está a 15 MPa y 90% de calidad. El agua que sale del condensador (corriente 3) está a 45°C. Se desea producir una potencia de 10 MW en la turbina. El trabajo específico de la bomba es de 4 kJ/kg. Suponga que no hay caída de presión en el condensador ni en la caldera ni en las tuberías. Determine:

- a) El flujo de agua en el sistema.
- b) La transferencia de calor en el condensador.
- c) El calor en la caldera.

**Resp:** a) 15,08 kg/s; b) -32760 kW; c) 42700 kW

**PROBLEMA 15**

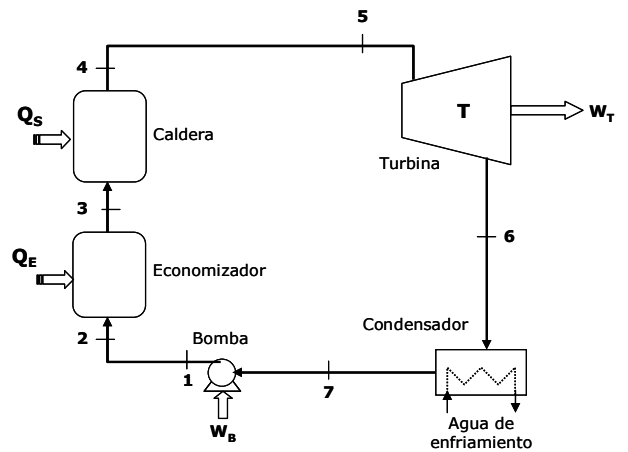
Los siguientes datos son para una planta de vapor de agua simple generadora de energía, como se muestra en la figura.

	1	2	3	4	5	6	7
P (kPa)	6200	6100	5900	5700	5500	10	9
T (°C)		45	175	500	490		40
h (kJ/kg)		194	744	3426	3404		168

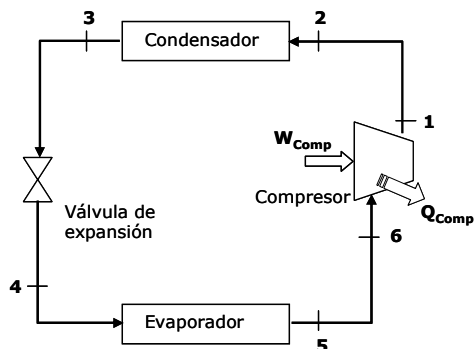
El estado 6 tiene  $x_6=0,92$  y una velocidad de 200 m/s. El flujo de vapor es 25 kg/s y se alimentan a la bomba 300 kW de potencia. Los diámetros de la tubería son: de la caldera a la turbina, 200 mm, y del condensador a la caldera, 75 mm. El economizador es un intercambiador de calor de baja temperatura. Determine:

- a) La potencia de la turbina.
- b) Las transferencias de calor en el condensador, en el economizador y en la caldera.
- c) El flujo de agua de enfriamiento a través del condensador, si en el condensador la temperatura del agua de enfriamiento aumenta de 15°C a 25°C.

**Resp:** a) 24820 kW; b) -56110 kW; 13750 kW; 67075 kW; c) 1340 kg/s



**PROBLEMA 16**



Un ciclo de una bomba de calor con refrigerante R-12, que se muestra en la figura, tiene un flujo de 0,05 kg/s y se suministra al compresor 4 kW. Se proporcionan los datos siguientes:

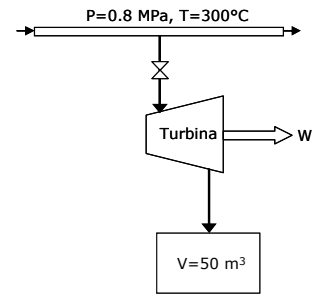
	1	2	3	4	5	6
P (kPa)	1250	1230	1200	320	300	290
T (°C)	120	110	45		0	5
h (kJ/kg)	260	253	79,7		188	191

- a) Calcule la transferencia de calor en el compresor.
- b) La transferencia de calor en el condensador.
- c) La transferencia de calor en el evaporador.

Resp: a) -0,55 kW; b) 8,67 kW; c) 5,42 kW

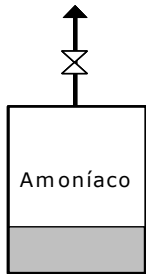
**PROBLEMA 17**

Considere el proceso que se muestra en la figura. Fluye vapor de agua por una línea a 0,8 MPa y 300°C. La turbina descarga el vapor a un tanque que tiene un volumen de 50 m<sup>3</sup>. Este tanque está inicialmente vacío. Se abre la válvula y el proceso se detiene cuando la presión en el tanque es de 0,8 MPa. En ese momento la temperatura es de 280°C. Todo el proceso es adiabático. Determinar el trabajo producido por la turbina.



Resp: 46650 kJ

**PROBLEMA 18**



Un tanque de 2 m<sup>3</sup> contiene amoníaco saturado a 40°C. Inicialmente el tanque contiene 0,5 m<sup>3</sup> de líquido y 1,5 m<sup>3</sup> de vapor. Se abre la válvula y se saca vapor por el tope hasta que la temperatura en el tanque es de 10°C.

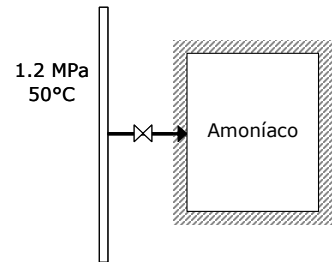
- a) ¿Cuál es la calidad final del amoníaco en el tanque?
- b) Determinar la masa de amoníaco que se extrae.

Suponer que sólo se extrae vapor y que el proceso es adiabático. Suponer además que las propiedades de la corriente que se extrae son constantes y para sus valores se puede usar promedio entre el estado inicial y el final

Resp: a) 0,029; b) 42,9 kg

**PROBLEMA 19**

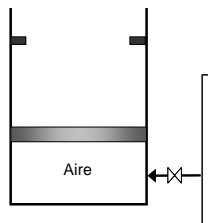
Por una tubería fluye amoníaco gaseoso a 1,2 MPa y 50°C. A través de una línea con una válvula está conectado un tanque rígido aislado cuyo volumen es de 0,5 m<sup>3</sup>. El tanque inicialmente contiene vapor saturado de amoníaco a -10°C. Se abre la válvula y el gas fluye de la tubería hacia el tanque hasta que la presión en el tanque es igual a la presión en la tubería.



- a) ¿Cuál es la temperatura final en el tanque?
- b) Determinar la masa de amoníaco que entra al tanque.

Resp: a) 84,5°C; b) 2,48 kg

**PROBLEMA 20**



Un sistema pistón cilindro, como el de la figura, contiene aire que se encuentra a 300 kPa, 17°C con un volumen de 0,25 m<sup>3</sup>. Cuando el pistón toca los topes, V=1 m<sup>3</sup>. Una línea de aire a 500 kPa, 600 K, está conectada mediante una válvula al cilindro. Se abre la válvula hasta que la presión final en el interior es de 400 kPa, punto en el cual T=350 K. Determine la masa de aire que entra, el trabajo y la transferencia de calor.

Resp: 3,08 kg; W=225 kJ; Q=-820 kJ