IIQ1003 - Termodinámica

Nombre: _____

Número de Lista: _____

Fecha: 30 de junio 2022

Examen

Profesor:

Sólo puede utilizar el formulario, tablas y calculadora. Este instrumento está regido por el código de honor de la escuela de Ingeniería UC. **Responda las preguntas de la siguiente forma:**

- **Cuadernillo 1: Preguntas 1-4**
- **Cuadernillo 2: Pregunta 5**

---

1. **(3 puntos)** Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas según corresponda. Justifique las falsas:

   Solución Dar 0.25 pts por indicar si es verdadero o falso y 0.15 pts adicional por justificar las falsas

   a) Generalmente en los procesos de intercambio de calor se aprovecha el calor sensible asociado al cambio de fase por ser mucho mayor que el calor latente.
   Falso, el calor latente es mayor al sensible

   b) Los EOS de gases reales toman en consideración la no esfericidad de la molécula por medio del parámetro ω.
   Verdadero

   c) En un fluido real en fase vapor se puede aproximar a un gas ideal cuando la presión y la temperatura son muy altas.
   Falso, la presión debe ser baja

   d) La entropía tiene un máximo en el equilibrio mientras que la energía interna tiene un mínimo.
   Verdadero

   e) La termodinámica de los equipos de procesos se analiza mediante la primera y segunda ley.
   Verdadero

   f) El coeficiente de rendimiento máximo en un refrigerador es función de la entropía generada.
   Falso, el rendimiento máximo corresponde a cuando la entropía generada es 0

   g) Cuando un proceso es reversible significa que el cambio de entropía para el sistema es 0.
   Falso, es que la entropía generada es 0

   h) En el ciclo Rankine, el agregar sistemas de regeneración y recalentamiento aumentan la eficiencia del ciclo.
   Verdadero

   i) En las ecuaciones de estado cúbicas generalmente se corrige la presión usando una energía de activación y un factor pre-exponencial.
   Falso, es un factor de covolumen y uno energetico

2. **(3 puntos)** Una corriente de vapor que se encuentra a 120 bar y 600°C entra a una turbina que opera en estado estacionario. El 20 % del flujo másico ingresado abandona la turbina a 40 bar y 280°C. El resto del vapor sale como vapor saturado a 0.08 bar. La turbina desarrolla una potencia de 2000 kW. La transferencia de calor de la turbina a los alrededores ocurre a razón de 15 kW. Determine el flujo másico de vapor que ingresa a la turbina.

Solución

Primero se plantea el balance de masa:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3$$
$$\dot{m}_2 = 0.2\dot{m}_1$$

0.5 pts por balance de masa

Despejando $\dot{m}_3$

$$\dot{m}_3 = 0.8 \cdot \dot{m}_1$$

0.3 pts por despejar $\dot{m}_3$.

Luego, planteando el balance de energía:

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q} + \dot{W}_s + \sum_i \dot{m}_i h_i - \sum_e \dot{m}_e h_e$$
$$0 = \dot{Q} + \dot{W}_s + \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_2 h_2 - \dot{m}_3 h_3$$
$$0 = \dot{Q} + \dot{W}_s + \dot{m}_1 h_1 - 0.2 \cdot \dot{m}_1 h_2 - 0.8 \cdot \dot{m}_1 h_3$$

0.8 pts por balance de energía

Despejando $\dot{m}_1$

$$\dot{m}_1 = -\frac{\dot{Q} + \dot{W}_s}{h_1 - 0.2h_2 - 0.8h_3}$$

0.4 pts por despejar $\dot{m}_1$.

La corriente 1 y 2 el vapor está como vapor sobrecalentado, por lo tanto, de la tabla A-4, se tiene que: $h_1 = 3608.3$ kJ/kg y $h_2 = 2901.8$ kJ/kg. Por otra parte, la corriente 3 se encuentra a vapor saturado, por lo que buscando en la tabla A-3, se tiene que: $h_3 = 2577.0$ kJ/kg.

0.6 pts por encontrar las entalpías de las corrientes

Finalmente se tiene que:

$$\dot{m}_1 = -\frac{-15 - 2000}{3608.3 - 0.2 \cdot 2901.8 - 0.8 \cdot 2577}$$
$$\dot{m}_1 = \frac{2015}{966.34} = 2.085 kg/s$$

0.4 por la respuesta

3. **(2 puntos)** Un bloque de 60 kg de mineral de cobre a 140°C son depositados en un estanque aislado que contiene 65 kg de agua a 10°C. Determine la temperatura final de equilibrio y la entropía generada para el proceso. $C_{P,agua} = 4.18$ kJ/kg K, $C_{P,cobre} = 0.386$ kJ/kg K.

Solución

Primero de la primera ley para un sistema cerrado sin trabajo ni calor

$$\Delta U = 0 \longrightarrow m_a \Delta u_a + m_c \Delta u_c = 0$$

Como es líquido y solido:

0.4 pts por balance de energía

$$\Delta u_i = C_P \Delta T$$

0.2 pts

Luego:

$$65 \cdot 4.18 \cdot (T - 10) + 60 \cdot 0.386 \cdot (T - 140) = 0$$

$$T = \frac{65 \cdot 4.18 \cdot 10 + 60 \cdot 0.386 \cdot 140)}{65 \cdot 4.18 + 60 \cdot 0.386} = 20.2°C$$

0.4 pts

Luego para la entropía:

$$\Delta S_a = 65 \cdot 4.18 \cdot \ln\left(\frac{20.2 + 273}{273 + 10}\right) = 9.63$$

0.4 pts

$$\Delta S_c = 60 \cdot 0.386 \cdot \ln\left(\frac{20.2 + 273}{140 + 273}\right) = -7.933$$

0.4 pts

Finalmente:

$$S_{gen} = 9.63 - 7.933 = 1.696 \text{ kJ/K}$$

0.2 pts

4. **(2 puntos)** Considere un ciclo de refrigeración que se usa para enfriar una planta de procesos. Esta extrae 9.4 kW de calor de un reservorio a -5°C y utiliza una potencia neta 3.6 kW. La temperatura del reservorio caliente es de 44°C. Cuál es el cociente entre el COP real y el COP si esta operara como Carnot? Es decir $\frac{COP_{Real}}{COP_{Carnot}}$

Solución

Primero el COP real:

$$COP = \frac{9.6}{3.6} = 2.611$$

0.8 pts

Luego el COP Carnot:

$$COP_C = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{268}{317 - 268} = 5.45$$

0.8 pts

Finalmente:

$$\frac{COP}{COP_C} = 47.8\,\%$$

0.4 pts

5. **(5 puntos)** Considere la Figura 1 el cual presenta un ciclo Rankine con cogeneración para una universidad. Este ciclo provee potencia por medio de las turbinas y calor para calefacción por medio de los intercambiadores HX1 y HX2. En este proceso, 4535 kg/h de vapor de agua a 30 bar y 320°C entran a la primera turbina, donde es expandido hasta 7 bar. Una fracción $y = 0.4$ de la salida se envía al intercambiador HX1 (y) mientras que la otra es expandida hasta 1.5 bar. Nuevamente una fracción de la salida es enviada al intercambiador HX2 (y') y el remanente es enviado a la tercera turbina, donde se expande hasta 0.06 bar. Las corrientes de salida del condensador, el HX1 y el HX2 y el intercambiador abierto son todas líquido saturado. Por último considere que la eficiencia de la turbina y de las bombas es de 0.85 %.

   a) (**3 pts**) Determine la presión y entalpía de todas las corrientes

   b) (**0.75 pto**) Calcular la potencia de todas las turbinas y bombas

   c) (**0.6 pts**) Determine el calor retirado en los intercambiadores HX1 y HX2, el condensador y el calor de la caldera.

   d) (**0.25 pts**) Determine la eficiencia térmica del ciclo

   e) (**0.4 pts**) Realice un diagrama T-S del ciclo.

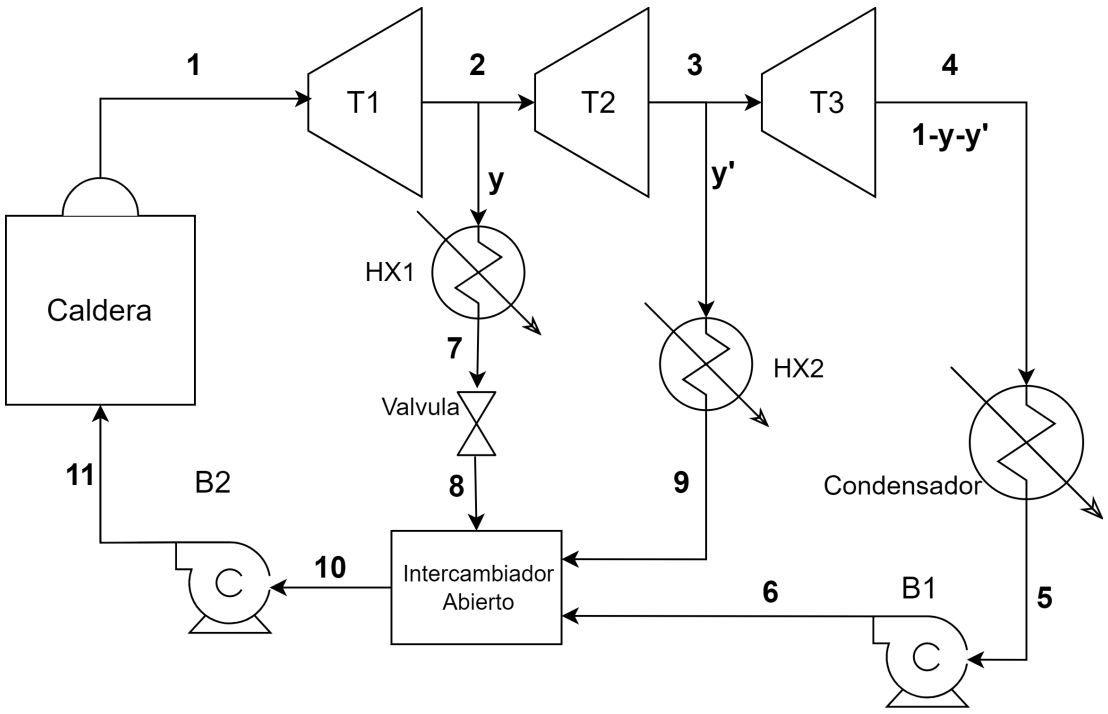


Figura 1: Ciclo Rankine con cogeneración