



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## Problemario 4: Entropía y Segunda Ley



### UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Ingeniería en Energía

Fecha de entrega: El día del Examen

Resuelva de manera clara, limpia y concisamente los siguientes problemas. Los problemas deben ir cada uno con su enunciado y su figura. Deben entregarse en hojas blancas escritas por ambos lados con los resultados finales encerrados en un recuadro y escritos con pluma. Si no se respetan las indicaciones se bajarán puntos. El Problemario es en parejas.

1. Un motor térmico funciona por medio de colectores solares para conseguir el suministro de calor y utiliza agua de un lago como sumidero de baja temperatura. Los colectores tienen una superficie total de  $900 \text{ m}^2$  y absorben una densidad de flujo solar de  $650 \text{ W/m}^2$ . Si el motor produce una potencia de  $180 \text{ kW}$ , determínese (a) el rendimiento térmico del motor, y (h) el flujo de calor cedido al lago.
2. Una bomba de calor mantiene un edificio a  $22^\circ\text{C}$ . El flujo máximo de pérdidas de calor a través de las paredes y ventanas es  $45,000 \text{ kJ/h}$ . mientras que el calor generado en el interior por alumbrado, aparatos y las personas es de  $7,000 \text{ kJ/h}$ . Determínese (a) la potencia que es necesaria suministrar, si el COP medio 2.5 y la unidad funciona dos tercios del tiempo, (h) el coste de 6 horas de funcionamiento si el precio de la electricidad es 10.8 centavos/kW, y (e) el dinero ahorrado por el propietario del edificio en las 6 horas de funcionamiento utilizando la bomba de calor para calentar. en lugar de una resistencia eléctrica.
3. Una unidad de acondicionamiento de aire mantiene una casa a  $22^\circ\text{C}$ . El calor generado en la casa por el alumbrado, los aparatos y las personas es  $6,000 \text{ kJ/h}$ , Y el calor que entra del ambiente a través de la estructura asciende a  $18,000 \text{ kJ/h}$ . Si el acondicionador de aire tiene un COP de 3.2, (a) obténgase la potencia que es necesario suministrar. (h) Si la electricidad cuesta 9.8 centavos/kWh Y la unidad funciona durante medio día, calcúlese el coste diario de funcionamiento.
4. Un motor térmico internamente reversible tiene un rendimiento térmico del 60%, con un calor suministrado de  $600 \text{ kJ/ciclo}$  a una temperatura de  $447^\circ\text{C}$ . Calcúlese (a) la temperatura de cesión del calor, y (b) el calor cedido. Con los mismos valores de  $Q_A$  y  $T_A$  si un motor térmico irreversible cede  $420 \text{ kJ/ciclo}$ , (c) obténgase su rendimiento térmico.
5. En un ciclo internamente reversible, el fluido de que circula a través del compartimento de alimentos de un frigorífico doméstico se mantiene a  $4^\circ\text{C}$  mientras recibe calor. La cesión calor desde el Huido tiene lugar a  $24^\circ\text{C}$ . La potencia suministrada es  $600 \text{ W}$ . Determínese (a) el COP del dispositivo reversible y el flujo de calor suministrado al Huido a  $4^\circ\text{C}$ , en  $\text{kJ/min}$ . Después, con la misma potencia suministrada, si el COP real es 2.5, (b) determínese el porcentaje en que disminuye la capacidad de al compararla con la del ciclo reversible.
6. Una bomba de calor real funciona entre las temperaturas de frontera de  $600^\circ\text{K}$  y  $1100^\circ\text{K}$ . La bomba de calor cede un flujo de calor de  $15.000 \text{ kJ/min}$  y se le suministra una potencia neta de  $120 \text{ kW}$ . (a) Determínese numéricamente si la bomba de calor real incumple la segunda ley en función de su COP. (b) Determínese el flujo de calor suministrado a la bomba de calor real y a una bomba de calor internamente reversible que ceda el mismo calor y que funcione entre las mismas temperaturas. (c) Ahora se quiere que el dispositivo cíclico real funcione como un motor térmico. Para ello, el flujo de calor que recibe a  $1100^\circ\text{K}$  es  $250 \text{ kW}$  y la potencia neta que se obtiene,  $120 \text{ kW}$ . Determínese el rendimiento térmico del motor térmico real y el de un motor



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## Problemario 4: Entropía y Segunda Ley



### UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS

internamente reversible que funcione entre las mismas temperaturas. (d) Analice si factible el funcionamiento del motor real a la vista de los rendimientos térmicos obtenidos en el apartado c.

7. A la turbina de un ciclo de potencia entra vapor saturado de R-134a a 30 bar (estado 1) y sale a 1 bar con una calidad del 90%. El fluido sale del condensador a 1 bar con una calidad del 60% (estado 3) y en el estado 4 el fluido se encuentra como líquido saturado a 30 bar. (a) Construya un diagrama que muestre el ciclo. Determinése si el ciclo verifica la segunda ley teniendo en cuenta (b) la desigualdad de Clausius, y (c) el principio de Carnot.
8. El fluido de trabajo de un ciclo de refrigeración dado recibe a  $-5^{\circ}\text{C}$  la cantidad de calor de  $114\text{ kJ/kg}$  y cede la cantidad de calor de  $140.3\text{ kJ/kg}$  a una temperatura media de  $35^{\circ}\text{C}$ . Si no existen otras interacciones de calor, este ciclo ¿transgrede la segunda ley tomando como referencia (a) la desigualdad de Clausius, y (b) el principio de Carnot ampliado a máquinas frigoríficas?
9. Una bomba de calor recibe calor a  $280^{\circ}\text{K}$  y lo cede a  $420^{\circ}\text{K}$ . El flujo de calor que cede a  $420^{\circ}\text{K}$  es  $900\text{ kJ/min}$ . Para cada uno de los casos que se dan a continuación, determinése a partir de la desigualdad de Clausius y del principio de Carnot para una bomba de calor si el ciclo es reversible, irreversible o imposible: (a)  $\dot{Q}_A = 580\text{ kJ/min}$ , (h)  $\dot{W} = 280\text{ kJ/min}$ , y (e)  $\dot{Q}_B = 600\text{ kJ/min}$ .
10. Desde una fuente térmica a  $880^{\circ}\text{K}$  se transfiere la cantidad de calor de  $1,000\text{ kJ}$  a una segunda fuente térmica a  $360^{\circ}\text{K}$ . El ambiente se encuentra a  $300^{\circ}\text{K}$ . (a) Calcúlese la variación de entropía de cada una de las fuentes térmicas. (b) Calcúlese la producción de entropía en la región de la transferencia de calor. (c) Determine la pérdida en el potencial de trabajo de los  $1,000\text{ kJ}$  debida al proceso de transferencia irreversible del calor. (d) Obténgase el porcentaje en que se incrementa el potencial de trabajo de los  $1,000\text{ kJ}$  a  $880^{\circ}\text{K}$  si  $T_0$  desciende hasta  $280^{\circ}\text{K}$ .
11. Se dispone de energía en una cantidad de  $3,000\text{ Btu}$  a partir de una fuente térmica a  $1,500^{\circ}\text{R}$ . La temperatura del ambiente es de  $500^{\circ}\text{R}$ . Se transfiere calor desde la fuente térmica a  $1,500^{\circ}\text{R}$  a otra fuente térmica a  $1,100^{\circ}\text{R}$ . Determinése: (a) La variación de entropía de cada una de las fuentes térmicas. (b) La producción de entropía en la región de la transferencia de calor. (c) El porcentaje en que se reduce el potencial de trabajo de la cantidad de calor dada, debido a su transferencia a la fuente a  $1,100^{\circ}\text{R}$ .
12. Para disminuir la tensión desde  $220\text{ V}$  a  $110\text{ V}$  se utiliza un transformador eléctrico. La intensidad de la corriente en la zona de la tensión alta es  $23\text{ A}$  y en la de baja  $43\text{ A}$ . El transformador funciona en régimen estacionario con una temperatura en su superficie de  $40^{\circ}\text{C}$ . Determinése (a) el flujo de calor del dispositivo, y (b) la producción de entropía.
13. Una bomba de calor funciona entre dos fuentes térmicas a temperaturas  $T_{FA}$  y  $T_{FB}$  de  $600^{\circ}\text{K}$  y  $300^{\circ}\text{K}$ , respectivamente. Para un flujo de calor cedido de  $1.000\text{ kJ/min}$ , compárese el flujo de calor suministrado, la potencia suministrada, el COP y la pérdida de potencial de trabajo cuando (a) el dispositivo es totalmente reversible, y (b) el dispositivo es internamente reversible, pero recibe y cede el calor a  $620^{\circ}\text{K}$  y  $280^{\circ}\text{K}$  en lugar de  $600^{\circ}\text{K}$  y  $300^{\circ}\text{K}$ .  $T_0 = 300^{\circ}\text{K}$ .