



TERMODINÁMICA

Departamento de Física
Carreras: Ing. Industrial y Mecánica

Trabajo Práctico N° 9: EXERGÍA

La inspiración existe, pero
tiene que encontrarte trabajando.

[Pablo Picasso](#) (1881-1973)
Pintor español

1) Un sistema cerrado operando en estado estacionario, recibe 5000 kW de calor desde una fuente a 1500 K, produce 2000 kW de potencia útil y rechaza el calor remanente a la atmósfera. Determine la velocidad a la cual la exergía (a) entra y (b) sale del sistema. Dibuje un diagrama de flujos de exergía. Asuma temperatura atmosférica $T_0 = 300$ K.
R: a) 4 MW, b) 2 MW.

2) Un globo lleno de helio a 20 °C, 1 bar y con un volumen de 0.5 m³, se mueve con una velocidad de 15 m/s a una altura de 0.5 km relativa a un ambiente de referencia para la exergía que se encuentra a $T_0=20$ °C, $P_0=1$ bar. Calcular la exergía específica del helio, en kJ.
R) 5.01 kJ/kg

3) Una máquina térmica de rendimiento igual a 0.40 opera entre dos fuentes de $T = \text{cte}$ e iguales a 1000 K y 300 K respectivamente. Si la máquina recibe un flujo calórico de la fuente caliente de 1000 kJ/min y si $T_0 = 300$ K, calcular:
a) La generación de entropía, b) El rendimiento exergético.
R: a) 1.30 kJ/min.K, b) 0.57

4) Se desea llevar 2 kg de agua líquida desde 273 K hasta 373 K, sin cambiar de fase. Para ello se plantean dos alternativas:

- Poniendo en contacto al sistema con una a 373 K ($T=\text{cte}$).
- Poniendo en contacto al sistema con una fuente a 323 K y luego que se alcanza dicha temperatura, poniéndolo en contacto con otra fuente a 373 K.

Hallar la generación de entropía en los dos casos y comparar los resultados.

Sugerir cómo se podría efectuar el calentamiento de modo tal de lograr la mínima variación entrópica en el proceso. $c_{\text{agua}} = 4.18$ kJ/kg.K.

c) Calcular la $\dot{\Delta Ex}_u$ y el rendimiento exergético para ambas posibilidades. $T_0 = 273$ K.

R: a) 0.368 kJ/K, b) 0.194 kJ/K, c) (a) -23.96 kcal y 0.56; (b) -12.56 kcal y 0.69.

5) Un dispositivo cilindro-émbolo aislado contiene 30 L de aire a 120 kPa y 27 °C. A través de una resistencia eléctrica insertada en la tapa del cilindro, el gas se calienta durante 5 min en forma isobárica. La potencia eléctrica consumida en ese lapso de tiempo fue de 50 W. El medio ambiente se halla a 27 °C y 100 kPa. Determine la destrucción de exergía que acompañó a este proceso.

R: -9.98 kJ.

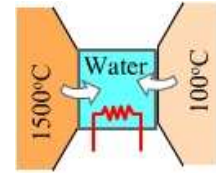
6) Se consideran tres diferentes opciones para elevar la temperatura de 1000 L de agua contenida en un recipiente aislado desde 15 °C hasta 70 °C:

- Usando para calentar una resistencia eléctrica.
- Transfiriendo calor desde una fuente a 1500 °C.
- Transfiriendo calor desde una fuente a 100 °C.

Basándose en un análisis exergético, evalúe la mejor opción.

Asuma condiciones atmosféricas de 100 kPa y 25 °C.

R: Tercer opción.



7) Un tanque rígido aislado contiene 1.5 kg de helio a 30 °C y 500 kPa. Una rueda de paletas con una potencia de 0.1 kW es operada dentro del tanque por 30 min. Determine:

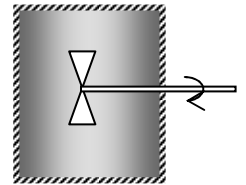
- El trabajo consumido durante el proceso, en kJ.
- La mínima cantidad de trabajo que se requiere para que se pueda completar este proceso.
- La irreversibilidad.

Suponga que los alrededores están a 100 kPa y 25 °C.

d) Cuál será el resultado si la presión inicial fuese de 100 kPa?

Dato: $c_{v, He} = 3.116 \text{ kJ/kg.K}$

R: a) -180, b) -13.35 kJ, c) 166.65 kJ.



8) Un compresor adiabático de aire opera en estado estacionario. El aire ingresa a $P_1 = 1.4 \text{ bar}$, $T_1 = 17 \text{ °C}$ y $C_1 = 70 \text{ m/s}$, abandonando el compresor a $P_2 = 4.2 \text{ bar}$, $T_2 = 147 \text{ °C}$ y $C_2 = 110 \text{ m/s}$.

Determinar:

- La exergía destruida por kg de aire comprimido.
- Expresar la exergía destruida como porcentaje del trabajo consumido por el compresor.
- Rendimiento exergético.

R: a) -17 kJ/kg, b) 12.7 %, c) 0.87.

9) En una turbina entra vapor de agua a 30 bar, 400 °C, con una $C_1 = 160 \text{ m/s}$. El vapor sale de la turbina saturado a 100 °C y con una $C_2 = 100 \text{ m/s}$. Existe una pérdida de calor hacia el medio exterior de 30 kJ/kg. La temperatura superficial media de la turbina es de 400 K. Si $T_0 = 295 \text{ K}$ y $P_0 = 1 \text{ bar}$, calcular:

- El trabajo desarrollado por cada kg de vapor que circula.
- Δex_u .
- Rendimiento exergético.

R: a) 532.6 kJ/kg, b) -150 kJ/kg, c) 0.78.

10) A una cámara de mezcla no aislada, ingresan dos corrientes A y B de agua y sale una corriente M resultante de la mezcla.

Para la corriente A: $P_A = 1.50 \text{ bar}$, $T_A = 10 \text{ °C}$ y $\dot{m}_A = 136 \text{ kg/min}$

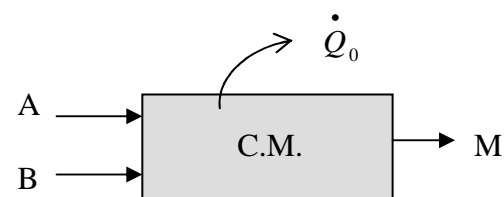
Para la corriente B: $P_B = 1.50 \text{ bar}$, vapor saturado.

Para la corriente M: $P_M = 1.50 \text{ bar}$, $T_M = 55 \text{ °C}$.

Pérdidas de calor al medio exterior $\dot{Q}_0 = -189 \text{ kJ/min}$.

$T_0 = 21 \text{ °C}$. Calcular:

- Caudal masa de B.



- b) La irreversibilidad del proceso.
- c) Rendimiento exergético.

R: a) 10.47 kg/min, b) 4992 kJ/min, c) 0.157.

11) En un intercambiador de calor aislado entran 50 kg/s de agua líquida a 0.20 MPa y 90 °C, saliendo a la misma presión y 120 °C. La corriente de agua recibe calor de una corriente de aire caliente que entra al equipo a 680 K y 0.30 MPa y sale a 460 K a la misma presión.

Determinar:

- a) Cambio de exergía del agua, en kJ/s.
- b) Cambio de exergía del aire, en kJ/s.
- c) Rendimiento exergético.

La temperatura del los alrededores es $T_0 = 290$ K.

R: a) 1480, b) -3073, c) 0.48.

12) Un flujo de gas oxígeno entra a una tobera, no aislada, a 3.8 MPa, 387 °C y 10 m/s. A la salida de la tobera las condiciones son 150 kPa, 37 °C y 750 m/s. Si $T_0 = 20$ °C y $P_0 = 1$ bar, calcular:

- a) La transferencia de calor, en kJ/kg, hacia el entorno circundante.
- b) La destrucción de exergía, en kJ/kg.
- c) El rendimiento exergético.

Dato: $c_{p \text{ oxígeno}} = 0.97$ kJ/kg.K.

R: a) -57.23 kJ/kg, b) -90.71 kJ/kg, c) 0.76