

PROBLEMAS DE TERMOTECNIA

TEMA I

I.1.- En un lugar en el que la presión atmosférica es de 760 mm Hg se introduce un termómetro centígrado en hielo fundente, y posteriormente, en vapor de agua hirviendo. El termómetro, mal graduado, marca 2°C en el primer caso, y 102,5 en el segundo.

- Determinése la fórmula de corrección que deberá emplearse para calcular la temperatura real.
- Determinése la temperatura real cuando el termómetro marca 50°C.
- Determinése si existe alguna temperatura a la que sería correcta la lectura del termómetro.

I.2.- a) Conviértanse las siguientes temperaturas desde °F a °C: 70 °F, 0°F, -30°F, 500°F, 212°F, -459.67°F. ¿Existe alguna temperatura para la cual coincidan ambas escalas?

- Conviértanse cada una de las temperaturas anteriores a la escala Kelvin.

I.3.- En la tabla adjunta, los números de la fila superior representan la presión de un gas contenido en el depósito de un termómetro de gas a volumen constante, cuando el depósito se halla sumergido en una célula para producir el punto triple del agua. La fila inferior contiene las lecturas correspondientes a la presión cuando el depósito está rodeado de una sustancia a una temperatura constante desconocida.

p_{PT} (mm Hg)	1000,00	800,00	500,00	200,00	100,00
p (mm Hg)	1296,02	1036,86	648,11	259,30	129,66

Calcúlese la temperatura de esa sustancia en la escala del gas ideal, con una precisión de 0,01 K.

I.4.- La fuerza electromotriz E de un par termoeléctrico y la resistencia eléctrica R del hilo de un termómetro de platino vienen dadas, respectivamente, por las expresiones

$$E \text{ (mV)} = 0,66 t - 4,9 \times 10^{-4} t^2$$

$$R \text{ (k}\Omega\text{)} = 12,0 + 36,2 \times 10^{-2} t + 9,1 \times 10^{-4} t^2$$

siendo t la temperatura en la escala Celsius. Para medir E disponemos de un milivoltímetro graduado en mV y para medir R de un óhmetro graduado en k Ω . ¿Cuál de los dos termómetros debería utilizarse para medir una temperatura que se halla en el intervalo 620°C-640°C?

I.5.- Se dispone de una muestra de agua (vapor húmedo) que está a la presión de 10 bar y cuyo volumen específico es de 0.1 m³/kg. Determinése para dicha muestra y empleando el diagrama entrópico los valores de

- Entalpía específica
- Entropía específica
- Temperatura
- Calidad del vapor (título).

I.6.- Se dispone de una muestra de vapor de agua que está a la presión de 15 bar. Determinése haciendo uso de las tablas pertinentes, el volumen específico, entalpía específica, entropía específica y energía interna específica

- Cuando se trata de vapor saturado, indicando además la temperatura de saturación.
- Cuando se trata de vapor sobrecalentado a 350 °C.

TEMA II

II.1.- El fluido de trabajo de un ciclo Rankine ideal es vapor de agua. A la turbina entra vapor saturado a 8,0 MPa y del condensador sale líquido saturado a la presión de 0,008 MPa. La potencia neta obtenida es 100 MW. Determínese para el ciclo:

- El rendimiento térmico
- La relación de trabajos
- El flujo másico de vapor, en kg
- El calor absorbido, Q_e , por el fluido de trabajo a su paso por la caldera en MW
- El calor cedido, Q_s , por el fluido de trabajo en el condensador, en MW
- El flujo másico de agua de refrigeración en el condensador, en kg/h, si el agua entra en el condensador a 15°C y sale a 35°C.

II.2.- Reconsidérese el ciclo de potencia del problema anterior pero incluyendo en el análisis que la turbina y la bomba tienen cada una una eficiencia del 85%. Determínese para el ciclo modificado:

- El rendimiento térmico
- El flujo másico de vapor por unidad de tiempo, en kg/h, para una potencia neta de salida de 100MW.
- El calor transferido por unidad de tiempo, Q_e , al fluido de trabajo desde la caldera, en MW.
- El calor transferido por unidad de tiempo, Q_s , por el vapor que condensa en el condensador, en MW.
- El flujo másico de agua de refrigeración en el condensador, en kg/h, si ésta entra a 15°C y sale a 35°C.

II.3.- En un ciclo Rankine con sobrecalentamiento y recalentamiento se utiliza vapor de agua como fluido de trabajo. El vapor entra en la primera etapa de la turbina a 8,0 MPa, 480°C y se expande hasta 0,7 MPa. Este se recalienta entonces hasta 440°C antes de entrar en la segunda etapa de la turbina, donde se expande hasta la presión del condensador de 0,008MPa. La potencia neta obtenida es 100 MW. Determínese:

- El rendimiento térmico del ciclo
- El flujo másico de vapor, en kg/h
- El flujo de calor, Q_s , cedido por el vapor en el condensador, en MW.

TEMA III

III.1.- La temperatura al principio del proceso de compresión en un ciclo Otto de aire estándar con una relación de compresión de 8, es 300K, la presión es 1 atm, y el volumen del cilindro es 0,6 dm³. La temperatura máxima durante el ciclo es 2000K. Determínese:

- La temperatura y la presión al final de cada proceso del ciclo.
- El rendimiento térmico
- La presión media efectiva, en atm.

III.2.- Al comienzo del proceso de compresión de un ciclo Diesel de aire estándar, que opera con una relación de compresión de 18, la temperatura es 300K y la presión de 0,1 MPa. La relación de combustión del ciclo es 2. Determínese:

- La temperatura y presión al final de cada proceso del ciclo.
- El rendimiento térmico.
- La presión media efectiva en MPa.

III.3.- En un ciclo dual de aire estándar con una relación de compresión 18, al comenzar el proceso de compresión la temperatura es 300K y la presión 0,1 MPa. La relación de presiones para el proceso de calentamiento a volumen constante es 1,5:1. La relación de volúmenes para el proceso de calentamiento a presión constante es 1,2:1. Determínese:

- a) El rendimiento térmico
 - b) La presión media efectiva, en MPa.
-

III.4.- En el compresor de un ciclo Brayton de aire estándar entra aire a 100 kPa y 300K con un flujo volumétrico de 5 m³/s. La relación de compresión en el compresor es 10. La temperatura de entrada en la turbina es 1400K. Determínese:

- a) El rendimiento térmico del ciclo
 - b) La relación de trabajos
 - c) La potencia neta desarrollada, en kW.
-

III.5.- Reconsidérese el problema anterior incluyendo en el análisis que la turbina y el compresor tienen cada uno una eficiencia del 80%. Determínese para el ciclo modificado:

- a) El rendimiento térmico del ciclo
 - b) La relación de trabajos
 - c) La potencia neta desarrollada, en kW.
-

TEMA IV

IV.1.- El refrigerante 12 es el fluido de trabajo de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor que se comunica térmicamente con un foco frío a 20°C y un foco caliente a 40°C. El vapor saturado entra en el compresor a 20°C y a la salida del condensador es líquido saturado a 40°C. El flujo másico del refrigerante es 0,008 kg/s. Determínese:

- a) La potencia del compresor, en kW.
 - b) La capacidad de refrigeración, en kJ/min.
 - c) La eficiencia.
 - d) La eficiencia de un ciclo de refrigeración de Carnot que opera entre los focos caliente y frío a 40 y 20°C respectivamente.
-

IV.2.- Modifíquese el problema anterior considerando diferencias de temperatura entre el refrigerante y los focos caliente y frío. En el compresor entra vapor saturado a 12°C. Del condensador sale líquido saturado a 1,4 MPa. Determinar para este ciclo de refrigeración con compresión de vapor:

- a) La potencia del compresor, en kW.
 - b) La capacidad de refrigeración en kJ por minuto
 - c) La eficiencia.
-

IV.3.- Reconsidérese el ciclo de refrigeración por compresión de vapor del problema anterior pero considerando en el análisis que el compresor tiene una eficiencia del 80% y que el líquido sale del condensador a 48°C. Determínese para este ciclo modificado:

- a) La potencia del compresor, en kW.
 - b) La capacidad de refrigeración, en kJ/min.
 - c) La eficiencia.
-

IV.4.- En el compresor de un ciclo Brayton de refrigeración entra aire a 1 atm y 270K, con un flujo volumétrico de 1,4 m³/s. Si la relación de compresión es 3 y a la entrada de la turbina la temperatura es de 300K, determínese:

- a) La potencia neta necesaria, en kW.
- b) La capacidad de refrigeración, en kW.
- c) La eficiencia.

IV.5.- Reconsidérese el problema anterior incluyendo en el análisis que el compresor y la turbina tienen cada uno una eficiencia isoentrópica del 80%. Determínese para el ciclo modificado:

- La potencia neta necesaria, en kW.
 - La capacidad de refrigeración, en kW.
 - La eficiencia.
-

TEMA V

V.1.- Una muestra de 1 kg de aire húmedo inicialmente a 21°C, 1 atm y 70% de humedad relativa se enfría a 4,5°C manteniendo constante la presión. Determínese:

- La humedad específica inicial
 - La temperatura de rocío, en °C.
 - La cantidad de agua que se condensa, en kg.
-

V.2.- Una mezcla de aire y vapor de agua está contenida en un recipiente cerrado y rígido de 35 m³ de volumen a 1,5 bar, 120°C y $\phi = 10\%$. La mezcla se enfría a volumen constante hasta que su temperatura se reduce a 22°C. Determínese:

- La temperatura de rocío del estado inicial
 - La temperatura a la cual comienza la condensación, en °C
 - La cantidad de agua condensada, en kg.
-

V.3.- En un conducto entra aire húmedo a 10°C, con un 80% de humedad relativa y un caudal de 150 m³/min. La mezcla se calienta al circular por el conducto y sale a 30°C. No se quita ni se añade humedad al aire, y la presión de la mezcla permanece aproximadamente constante a 1 bar. En estado estacionario determínese:

- El calor intercambiado por unidad de tiempo, en kJ/min.
 - La humedad relativa a la salida. (No considerar E_p ni E_c).
-

V.4.- Una mezcla de aire y vapor de agua se encuentra contenida en un recipiente cerrado y rígido de 35 m³ de volumen a 1,5 bar, 120°C y $\phi = 10\%$. La mezcla se enfría hasta alcanzar una temperatura de 22°C. Determínese el calor cedido en el proceso, en kJ.

V.5.- Un psicrómetro indica que en un aula la temperatura del bulbo seco es 20°C y la del bulbo húmedo 16°C. Determinar la humedad específica y la humedad relativa si la presión es 1 bar.

V.6.- Resuélvase el problema V.3 utilizando el diagrama psicrométrico.

V.7.- En un deshumidificador que opera de modo estacionario entra aire húmedo a 30°C y 50% de humedad relativa, con un caudal de 280 m³/min. El aire húmedo pasa sobre un serpentín de enfriamiento y parte del vapor de agua se condensa. El condensado sale saturado del deshumidificador a 10°C. El aire húmedo saturado sale en una corriente separada a la misma temperatura. No hay pérdida apreciable de energía por transferencia de calor al entorno y la presión permanece constante a 1,013 bar. Determínese:

- El flujo másico de aire seco, en kg/min.
 - La cantidad de agua que se condensa en kg por kg de aire seco que atraviesa el volumen de control.
 - La capacidad de refrigeración necesaria, en kJ/min.
-

V.8.- En un humidificador con inyección de vapor entra aire húmedo a una temperatura de 22°C y con una temperatura de bulbo húmedo de 9°C. El flujo másico de aire seco es de 90 kg/min. El vapor de agua se inyecta saturado a 110°C y a un ritmo de 52 kg/h. No hay intercambio de calor con el entorno y la presión es constante e igual a 1 atm a lo largo del proceso. Determínese en la salida:

- La humedad específica
- La temperatura, en °C.

V.9.- En un enfriador evaporativo entra aire a 38°C y 10% de humedad relativa, con un caudal de 8500 m³/h, saliendo del mismo a 21°C. El agua se añade a la tela empapada en estado líquido a 21°C evaporándose completamente en la corriente de aire. No hay intercambio de calor con el entorno y la presión permanece constante e igual a 1 atm durante todo el proceso. Determínese:

a) El flujo másico de agua de reposición, en kg/h.

b) La humedad relativa del aire húmedo a la salida del enfriador.

V.10.- Una corriente de 142 m³/min de aire húmedo a 5°C y de humedad específica 0,002 kg(vapor)/kg(aire seco) se mezcla con 425 m³/min de otra corriente a 24°C y 50% de humedad relativa. La presión permanece constante en el proceso e igual a 1 atm. Determínese:

a) La humedad específica de la mezcla resultante.

b) La temperatura, en °C, de dicha mezcla.

V.11.- Del condensador de una central térmica salen 4,5×10⁷ kg/h de agua a 38°C hacia la torre de refrigeración. Una corriente de agua fría retorna de la torre al condensador a una temperatura de 30°C y con el mismo caudal inicial gracias al agua de aportación que se añade a 20°C en una corriente separada. El aire atmosférico entra en la torre a 25°C y 35% de humedad relativa, saliendo de ella a 35°C y 90% de humedad relativa. Determínense los flujos másicos de aire seco y agua de reposición, en kg/h. La torre opera estacionariamente. Se pueden despreciar los intercambios de calor con el entorno y las variaciones en las energías cinética y potencial. La presión permanece constante a 1 atm.

TEMA VI

VI.1.- Determínese la relación aire-combustible en bases molar y másica para la combustión completa del octano C₈H₁₈, con:

a) La cantidad estequiométrica de aire.

b) El 150% del aire estequiométrico (50% de exceso de aire).

VI.2.- Se quema metano, CH₄, con aire seco. El análisis molar de los productos en base seca es 9,7% de CO₂, 0,5% de CO, 2,95% de O₂ y 86,85% de N₂. Determínese:

a) La relación aire-combustible en ambas bases, molar y másica.

b) El porcentaje de aire teórico.

c) La temperatura de rocío de los productos, en °C, si p = 1 atm.

VI.3.- Un gas natural tiene el siguiente análisis molar: 80,62% de CH₄; 5,41% de C₂H₆; 1,87% de C₃H₈; 1,60% de C₄H₁₀; 10,50% de N₂. El gas se quema con aire seco dando unos productos cuyo análisis molar en base seca es: 7,8% de CO₂; 0,2% de CO; 7% de O₂; 85% de N₂.

Se pide:

a) Determinar la relación aire-combustible en base molar.

b) Suponiendo comportamiento de gas ideal para la mezcla combustible, determinar la cantidad de productos, en kmol, que se formarían a partir de 100 m³ de mezcla combustible a 300K y 1 bar.

c) Determinar el porcentaje de aire estequiométrico.

VI.4.- En un motor de combustión interna que opera en estado estacionario, entra octano líquido con un flujo másico de 0,002 kg/s y se mezcla con la cantidad estequiométrica de aire. El combustible y el aire entran al motor a 25°C y 1 atm. La mezcla se quema completamente y los productos de la combustión abandonan el motor a 615°C. El motor desarrolla una potencia de 37 kW. Determínese el calor transferido desde el motor, en kW, despreciando las contribuciones de las energías cinética y potencial.

VI.5.- En una cámara de combustión entra gas metano a 400K y 1 atm, que se mezcla con aire que entra a 500K y 1 atm. Los productos de la combustión salen a 1800K y 1 atm con el análisis de productos dado en el problema 26. Para estado estacionario, determínese el calor cedido por la cámara de combustión, en kJ por kmol de combustible. Despréciense las contribuciones de las energías cinética y potencial. El valor medio del calor específico, $\overline{c_p}$, del metano entre 298 y 400K es 38 kJ/kmol K.

VI.6.- Una mezcla de 1 kmol de metano gaseoso y 2 kmol de oxígeno, inicialmente a 25°C y 1 atm se quema completamente en un recipiente cerrado y rígido. Existe una transferencia de calor hasta que los productos se enfrían a 900K. Si los reactivos y los productos forman mezclas de gases ideales, determínese:

- a) La cantidad de calor transferido, en kJ.
 - b) La presión final, en atm.
-

VI.7.- Calcúlese la entalpía de combustión del metano gaseoso, en kJ por kg de combustible,

- a) a 25°C y 1 atm con agua líquida en los productos
 - b) a 25°C y 1 atm con vapor de agua en los productos
 - c) Repítase el apartado b) a 1000K y 1 atm.
-

VI.8.- En un reactor bien aislado entra octano líquido a 25°C y 1 atm y reacciona con aire que entra a las mismas temperatura y presión. Para funcionamiento estacionario y efectos despreciables de las energías cinética y potencial, determínese las temperatura de los productos de la combustión para combustión completa con:

- a) La cantidad estequiométrica de aire
 - b) El 400% de aire estequiométrico.
-