

INGENIERÍA TÉRMICA

Examen Febrero 2020/21

Ejercicio 1- Un recipiente rígido contiene 2 kg de agua a 2 bar y título 0,2. Se le aporta calor desde una fuente de calor a 300 °C, hasta triplicar su presión. Calcúlese el calor aportado, la temperatura final y la entropía generada en el universo.

Ejercicio 2- Por un intercambiador de calor circula agua a 60 °C y 1,2 bar, y se quiere enfriar hasta 40 °C mediante aire atmosférico a 20 °C. Calcúlese la cantidad de aire necesaria por kg de agua, si el aire sufre un salto térmico de 15 °C. Calcúlese el rendimiento exergético del intercambiador de calor. Considérese que la temperatura de referencia para el cálculo de la exergía es 20 °C.

Ejercicio 3- Una esfera de acero tiene una temperatura superficial de 60 °C y se sumerge en una corriente de agua a 15 °C que fluye a 2 m/s. Calcúlese el flujo de calor disipado desde la esfera si el diámetro de la misma es 4 cm.

Tiempo: 2.5 horas

Cada ejercicio vale un tercio del valor del examen total.

Las hojas de examen que no estén identificadas con nombre y apellidos, DNI, número de grupo y titulación, no serán corregidas.

INGENIERITZA TERMIKOA

2020/21 Otsailako azterketa

1 Ariketa- Gordailu zurrun batean 2 kg ur dago 2 bar eta 0,2 tituluaz. 300 °C-tan dagoen bero iturri batetik, beroa ematen zaio gordailuari, bere presioa hirukoiztu arte. Kalkula bedi emandako beroa, amaierako tenperatura eta unibertsoaren entropia garapena.

2 Ariketa- Bero trukagailu batean ura 60 °C eta 1,2 bar-etan sartzen da eta 40 °C-tan irteten da. Horretarako, 20 °C-tan dagoen aire atmosferikoa erabiltzen da. Aireak jasaten duen tenperatura-aldaketa 15 °C da. Kalkula bedi, ur kilogramo bakoitzeko, behar den aire-kantitatea eta bero-trukagailuaren etekin exergetikoa. Erabil bedi 20 °C erreferentzi tenperatura gisa.

Ariketa 3- 15 °C-tan dagoen ur-korronte batean murgildurik dagoen esfera baten gainazaleko tenperatura 60 °C da. Uraren abiadura 2 m/s-koa da. Esferaren diametroa 4 cm bada, kalkula bedi bertatik disipatzen den bero-fluxua.

Denbora: 2.5 ordu

Ariketak bakoitzak azterketa osoak balio duenaren herena balio du.

Hurrengo datuak idatzi behar dira entregatutako orri guztietan, bestela orri horiek ez dira zuzenduko: Izena eta abizenak, NAN zenbakia, espezialitatea eta taldea.

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

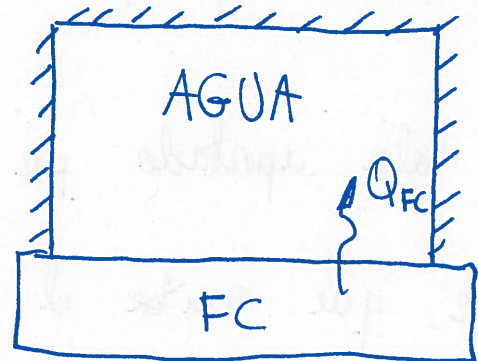
IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PROBLEMA 1

Datos:

- Recipiente rígido
- $m = 2 \text{ kg}$ de agua



Estado inicial:

- $P_1 = 2 \text{ bar}$
- $x_1 = 0.2$

Estado final:

- $P_2 = 6 \text{ bar}$

- Temperatura de la fuente de calor, $\theta_{FC} = 300^\circ\text{C}$

Se pide:

- El calor aportado, Q_{FC}
- Temperatura final, θ_2
- Entropía generada en el universo, S_G

2
- Se trata de un sistema cerrado que sólo intercambia calor con la fuente de calor.

- Debido a que se trata de un recipiente rígido, no existe trabajo por desplazamiento de frontera.

El calor aportado por la fuente de calor será igual al calor que recibe el agua:

$$Q_{FC} = - Q_{12}$$

Para calcular el calor que recibe el agua se aplica el primer principio al sistema, sabiendo que no existe trabajo por desplazamiento de frontera. Por lo que, el calor que recibe el agua será igual a la variación de energía interna:

$$\Delta U_{12} = Q_{12} - \cancel{W_{12}}^0 = Q_{12}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = m \cdot (u_2 - u_1)$$

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Determinamos la energía interna específica de cada estado del agua utilizando tablas o diagramas. Empezamos por el estado inicial:

Estado 1

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 2 \text{ bar} \\ X_1 = 0.2 \end{array} \right\} \text{ Vapor húmedo}$$

Utilizando el título es posible determinar el valor de la energía interna específica en el estado inicial:

$$X_1 = \frac{u_1 - u_1'}{u_1'' - u_1'} \rightarrow u_1 = u_1' + X_1 (u_1'' - u_1')$$

Sabiendo el valor de la presión determinamos utilizando tablas el valor de la energía interna del líquido

saturado y el vapor saturado seco:

$$u_1' = 504'49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_1'' = 2529'5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Por lo que,

$$\begin{aligned} u_1 &= u_1' + x_1 (u_1'' - u_1') = 504'49 + 0'2(2529'5 - 504'49) = \\ &= 909'49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

Estado 2

$$P_2 = 6 \text{ bar}$$

Además por ser el recipiente que contiene el agua rígido, sabemos que $v_2 = v_1$.

Si somos capaces de calcular el volumen específico en el estado inicial, sabemos el valor del volumen específico en el estado final. Por lo tanto, conoceremos

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

el valor de las propiedades termodinámicas y estado quedará definido. Una vez definido el estado, a partir del valor de estas propiedades será posible obtener el valor del resto de propiedades.

Para determinar el volumen específico en el estado inicial procedemos de la misma forma que para obtener el valor de la energía interna específica.

$$X_1 = \frac{v_1 - v_1'}{v_1'' - v_1'} \rightarrow v_1 = v_1' + X_1(v_1'' - v_1')$$

Donde de tablas conseguimos los valores del volumen específico para el líquido saturado y el vapor saturado seco:

$$v_1' = 0'001605 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_1'' = 0'8857 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\begin{aligned} v_1 &= v_1' + x_1 (v_1'' - v_1') = 0'001605 + 0'2 (0'8857 - 0'001605) = \\ &= 0'1784 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \end{aligned}$$

Por lo que,

$$v_2 = v_1 = 0'1784 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

El estado 2 queda definido y se puede comprobar que se trata de vapor húmedo. Por lo que utilizaremos el título para determinar la energía interna específica en el estado final. Para ello calculamos primero el título:

$$x_2 = \frac{v_2 - v_2'}{v_2'' - v_2'}$$

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

De tablas se obtienen el volumen específico del líquido saturado y vapor saturado seco a 6 bar:

$$v_2' = 0'001101 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v_2'' = 0'3157 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_2'}{v_2'' - v_2'} = \frac{0'1784 - 0'001101}{0'3157 - 0'001101} = 0'5636$$

Sabiendo el valor del título en el estado final, pasamos a calcular la energía interna específica:

$$x_2 = \frac{u_2 - u_2'}{u_2'' - u_2'} \rightarrow u_2 = u_2' + x_2(u_2'' - u_2')$$

De tablas obtenemos la energía interna específica del líquido saturado y el valor saturado seco a 6 bar:

$$u_2' = 669'9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_2'' = 2567'4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$u_2 = u_2' + x_2(u_2'' - u_2') = 669'9 + 0'5636(2567'4 - 669'9) =$$

$$= 1739'4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Calculamos el calor intercambiado:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = m(u_2 - u_1) = 2 \cdot (1739'4 - 909'49) =$$

$$= 1659'9 \text{ kJ}$$

Por lo tanto, el calor aportado es 1659'9 kJ

La temperatura final del agua será la temperatura de saturación a 6 bar de presión, ya que en el estado final el agua se encuentra en la zona bifásica

líquido + vapor. De tablas se obtiene que

$$\boxed{\theta_2 = 158'9^\circ\text{C}}$$

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Finalmente, para calcular la entropía generada en el universo se aplica el balance de entropía en sistemas cerrados sobre el conjunto "agua + fuente de calor".

$$\Delta S = \int_{sc.} \frac{\delta Q_i}{T_i} + S_G$$

Debido a que el intercambio de calor sólo se produce entre el agua y la fuente de calor, el conjunto resulta adiabático y por lo tanto:

$$\int_{sc.} \frac{\delta Q_i}{T_i} = 0 \rightarrow \Delta S = S_G$$

La entropía es una variable extensiva, por lo que la

variación de entropía del sistema se puede calcular como la suma de la variación de la entropía de los subsistemas que componen el sistema, en este caso el agua y la fuente de calor:

$$\Delta S = \Delta S_{12} + \Delta S_{FC}$$

Pasamos a calcular la variación de entropía del agua:

$$\Delta S_{12} = m \cdot (S_2 - S_1)$$

Por lo tanto, calculamos la entropía específica del agua en cada estado. Para ello seguiremos el procedimiento empleado para el cálculo de la energía interna específica, esto es, utilizando el título:

Empezando por el estado 1:

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$$X_1 = \frac{S_1 - S_1'}{S_1'' - S_1'} \rightarrow S_1 = S_1' + X_1(S_1'' - S_1')$$

Donde la entropía específica del líquido saturado y el vapor saturado seco del agua para 2 bar se toma de tablas:

$$S_1' = 1'5301 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$S_1'' = 7'1271 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\begin{aligned}
 S_1 &= S_1' + X_1(S_1'' - S_1') = 1'5301 + 0'2(7'1271 - 1'5301) = \\
 &= 2'65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}
 \end{aligned}$$

Y para el estado final:

$$X_2 = \frac{S_2 - S_2'}{S_2'' - S_2'} \rightarrow S_2 = S_2' + X_2(S_2'' - S_2')$$

Tomamos de tablas el valor de la entropía específica del líquido saturado y vapor saturado seco a 6 bar:

$$S_2' = 1'9312 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$S_2'' = 6'76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Por lo que calculamos la entropía específica del estado final utilizando el valor del título previamente calculado:

$$\begin{aligned} S_2 &= S_2' + x_2 (S_2'' - S_2') = 1'9312 + 0'5636(6'76 - 1'9312) = \\ &= 4'653 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{aligned}$$

La variación de entropía del agua es

$$\Delta S_{12} = m \cdot (S_2 - S_1) = 2 \cdot (4'653 - 2'65) = 4'007 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

Calculamos ahora la variación de entropía de la fuente de calor. Para ello consideramos que su temperatura permanece constante y que los procesos que ocurren

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

en el mismo son internamente reversibles.

Aplicando el balance de entropía en sistemas cerrados a la fuente de calor:

$$\Delta S_{FC} = \int_{s.c.} \frac{\delta Q_i}{T_i} + \cancel{\delta S_{G,FC}} = \int_{s.c.} \frac{\delta Q_i}{T_i} = \frac{Q_{FC}}{T_{FC}}$$

El calor que cede la fuente de calor lo recibe el agua, por lo que:

$$Q_{FC} = -Q_{12} = -1659'6 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{FC} = \frac{Q_{FC}}{T_{FC}} = \frac{-1659'6}{(300+273)} = -2'897 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

Volviendo a la expresión obtenida para el balance de

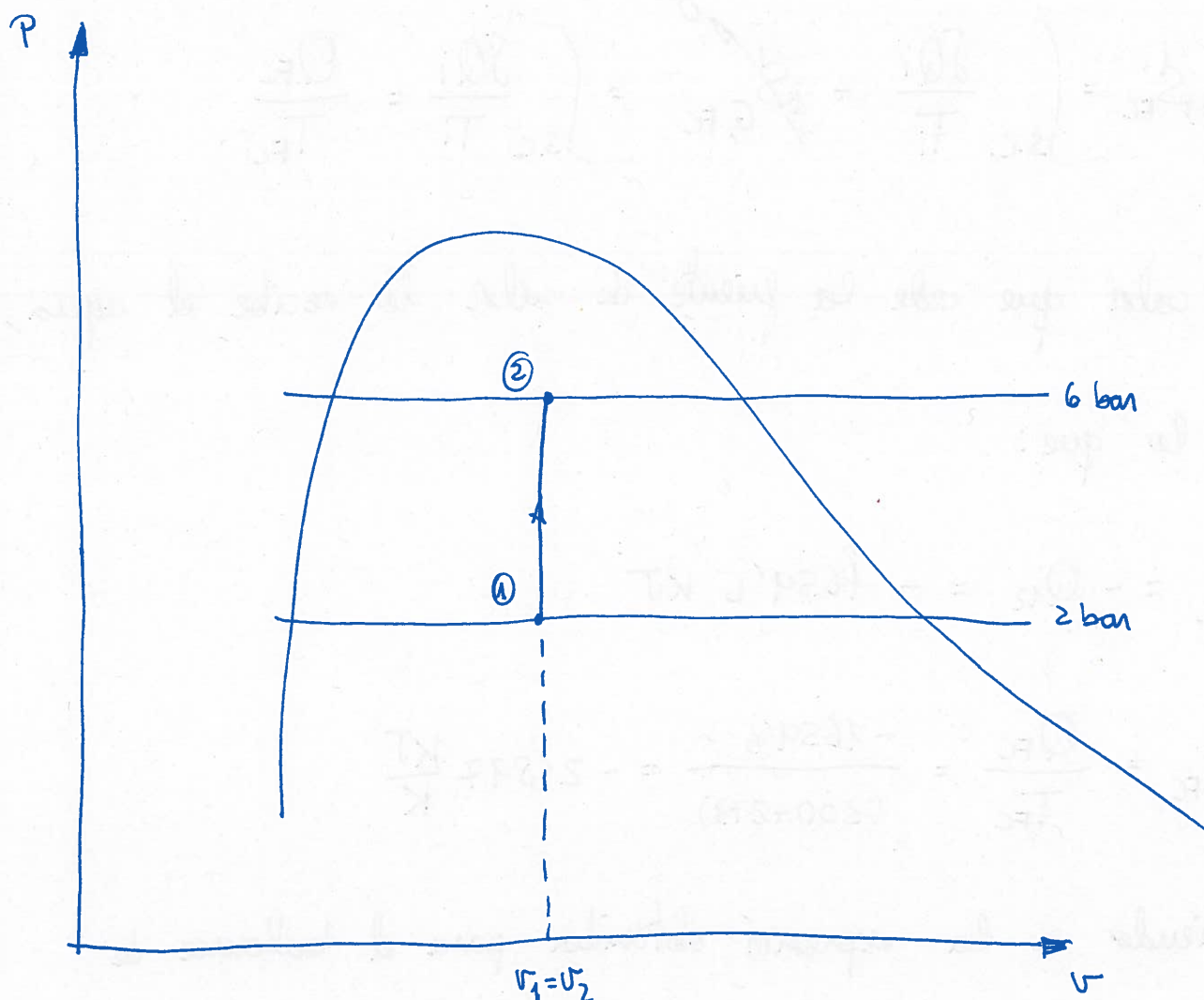
entropía del conjunto "agua + fuente de calor":

$$\Delta S = \Delta S_{12} + \Delta S_{FC} = S_G$$

$$\Delta S = 4'007 + (-2'897) = 1'1101 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

Por lo que

$$S_G = 1'1101 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$



DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

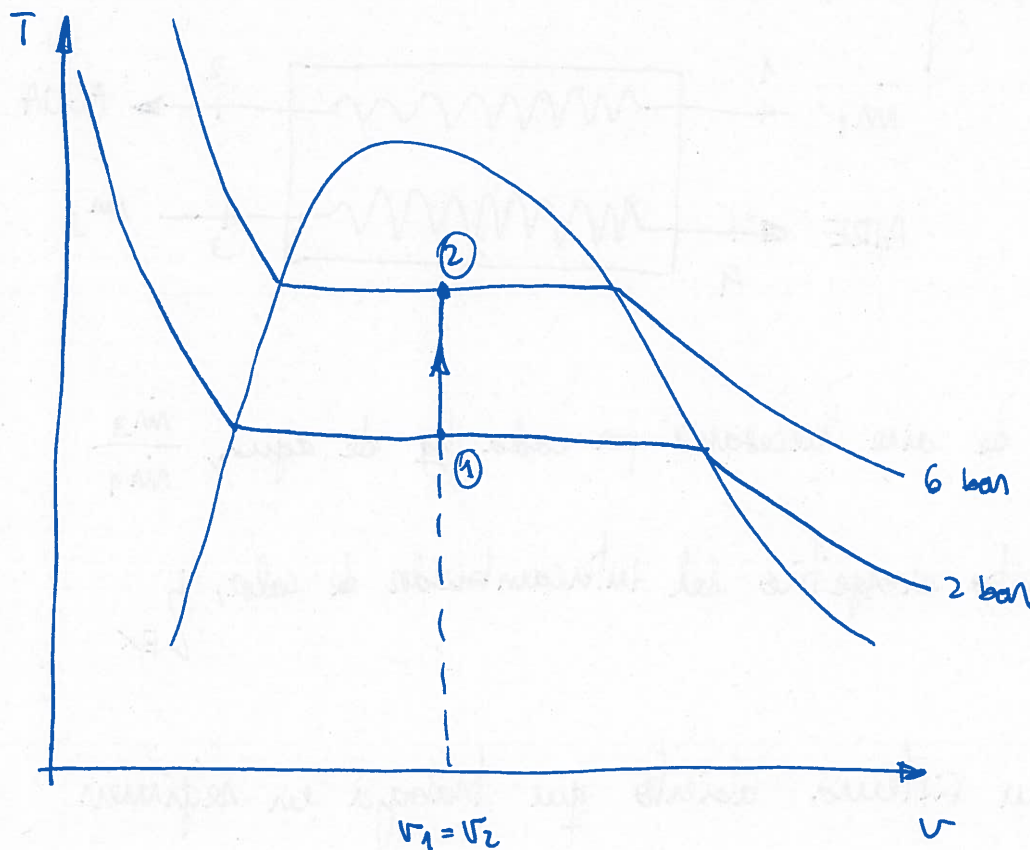
N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN												
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



PROBLEMA 2

16

Datos:

Agua:

$$\theta_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$\rho_1 = 1'2 \text{ kg/m}^3$$

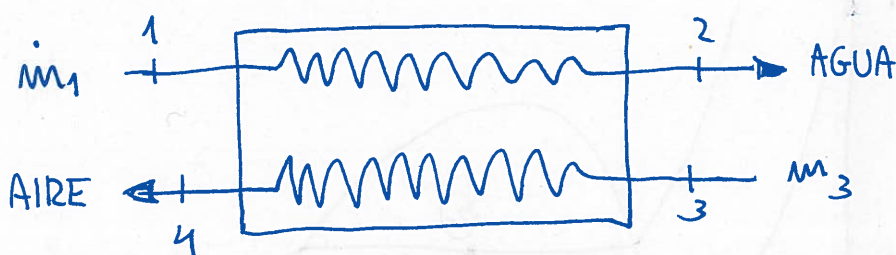
$$\theta_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$\theta_0 = 20^\circ\text{C}$$

Aire:

$$\theta_3 = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta\theta = \theta_4 - \theta_3 = 15^\circ\text{C}$$



Se pide:

- Cantidad de aire necesaria por cada kg de agua, $\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1}$
- Rendimiento exergético del intercambiador de calor, η_{EX}
- Se trata de un sistema abierto que trabaja en régimen permanente.
- Se considera que el intercambiador de calor es adiabático por lo que el intercambio de calor sólo ocurre entre el agua y el aire.
- No existe trabajo de eje y se desprecian las variaciones de energía cinética y potencial.

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- El agua se considera sustancia incompresible por encontrarse en estado de líquido comprimido (o subenfriado).
- El aire se considera como gas ideal.

Primero calculamos la cantidad de aire necesaria por kg de agua.

$$\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1}$$

Para ello aplicamos la ecuación de la energía en régimen permanente en el intercambiador. Sabemos que el intercambiador es adiabático, que no existe trabajo de eje y se desprecian las variaciones de energía cinética y potencial.

$$\dot{Q}_{ic} = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) + \dot{m}_3 (h_4 - h_3) + \cancel{\dot{W}_{ic}}$$

$$\dot{m}_1 (h_2 - h_1) + \dot{m}_3 (h_4 - h_3) = 0 \rightarrow \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} = \frac{h_1 - h_2}{h_4 - h_3}$$

Considerando el agua sustancia incompresible:

18

$$h_1 - h_2 = c_{p, \text{agua}} (\theta_1 - \theta_2) = 4'182 (60 - 40) = 83'64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Considerando el aire gas ideal

$$h_4 - h_3 = c_{p, \text{aire}} (\theta_4 - \theta_3) = 1'005 \cdot 15 = 15'08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Utilizando estos resultados parciales se calcula el resultado que nos

piden:

$$\boxed{\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} = \frac{h_1 - h_2}{h_4 - h_3} = \frac{83'64}{15'08} = 5'548 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg agua}}}$$

El rendimiento energético del intercambiador de calor se define como

sigue:

$$\eta_{\text{Ex}} = \frac{\dot{m}_3 \cdot (a_{f4} - a_{f3})}{\dot{m}_1 \cdot (a_{f1} - a_{f2})} \times 100 = \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} \cdot \frac{(a_{f4} - a_{f3})}{(a_{f1} - a_{f2})} \times 100$$

La relación de gastos es conocida, por lo que procedemos al cálculo de las variaciones de energía física de flujo del aire y del agua, empezando por el del aire:

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$$\begin{aligned}
 a_{f4} - a_{f3} &= (h_4 - h_3) - T_0 (s_4 - s_3) = c_{p, \text{aire}} (\theta_4 - \theta_3) - \\
 &- T_0 \left(c_{p, \text{aire}} \cdot \ln \frac{(\theta_4 + 273)}{(\theta_3 + 273)} - R' \ln \frac{P_4}{P_3} \right)
 \end{aligned}$$

Considerando que no existen pérdidas de carga en el intercambiador de calor $\rightarrow P_3 = P_4$

$$\begin{aligned}
 a_{f4} - a_{f3} &= c_{p, \text{aire}} (\theta_4 - \theta_3) - T_0 \cdot c_{p, \text{aire}} \cdot \ln \frac{(\theta_4 + 273)}{(\theta_3 + 273)} = \\
 &= 1'005 \cdot (35 - 20) - (20 + 273) \cdot 1'005 \ln \frac{(35 + 273)}{(20 + 273)} = \\
 &= 0'373 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}
 \end{aligned}$$

Procedemos a calcular la variación de la exergía física de flujo del agua considerándola sustancia incompresible:

$$a_{f1} - a_{f2} = (h_1 - h_2) - T_0 (s_1 - s_2) =$$

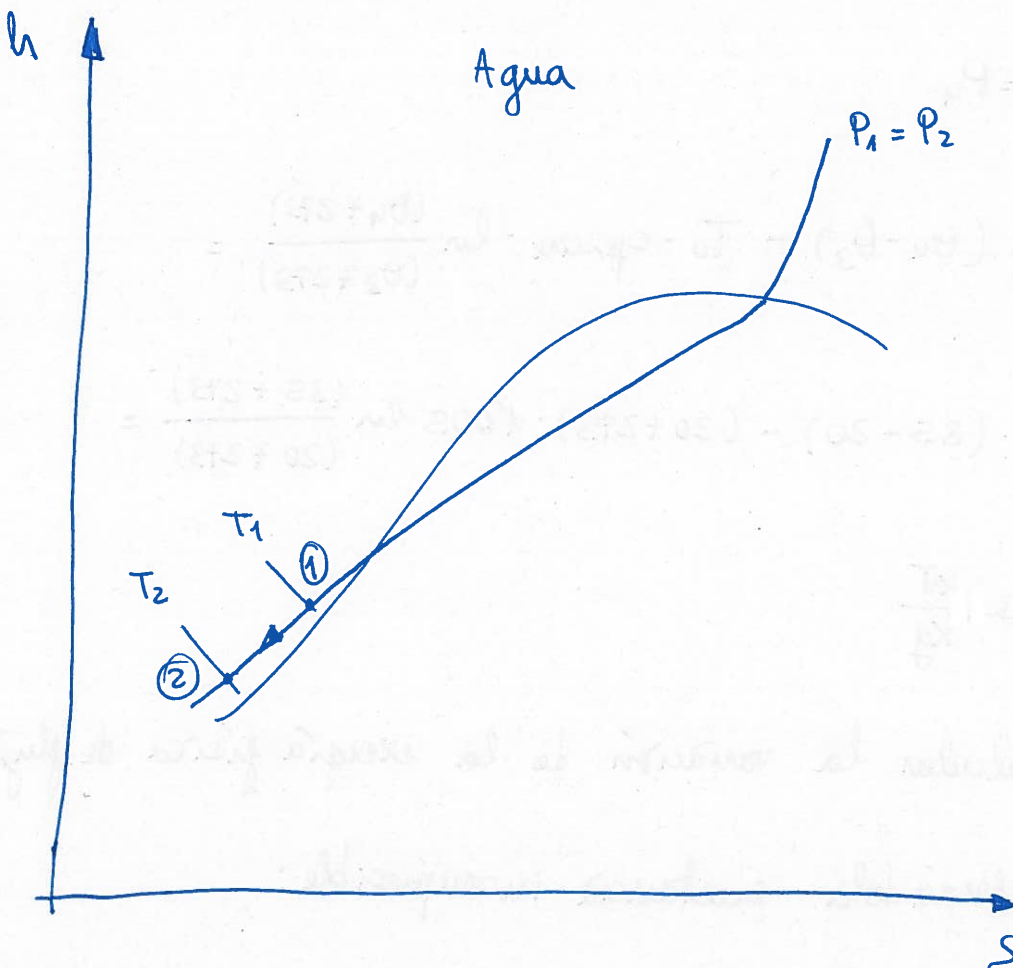
$$= c_{p, \text{agua}} (\theta_1 - \theta_2) - T_0 c_{p, \text{agua}} \ln \frac{(\theta_1 + 273)}{(\theta_2 + 273)} =$$

$$= 4'182 \cdot (60 - 40) - (20 + 273) \cdot 1'005 \cdot \ln \frac{(60 + 273)}{(40 + 273)} =$$

$$= 7'744 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Finalmente calculamos el rendimiento exergético:

$$\boxed{\eta_{\text{Ex}} = \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_1} \cdot \frac{(a_{fu} - a_{f3})}{(a_{g1} - a_{g2})} \times 100 = 5'548 \cdot \frac{0'373}{7'744} \times 100 = 26'74\%}$$



DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

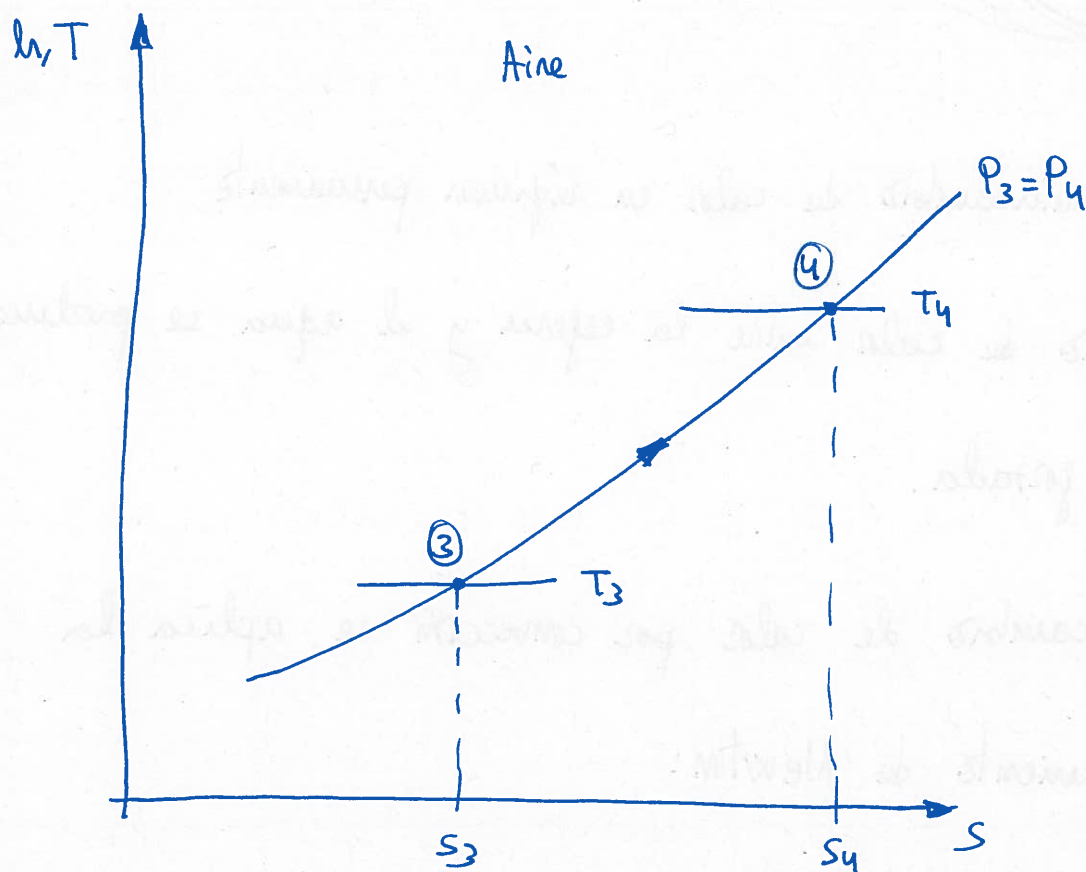
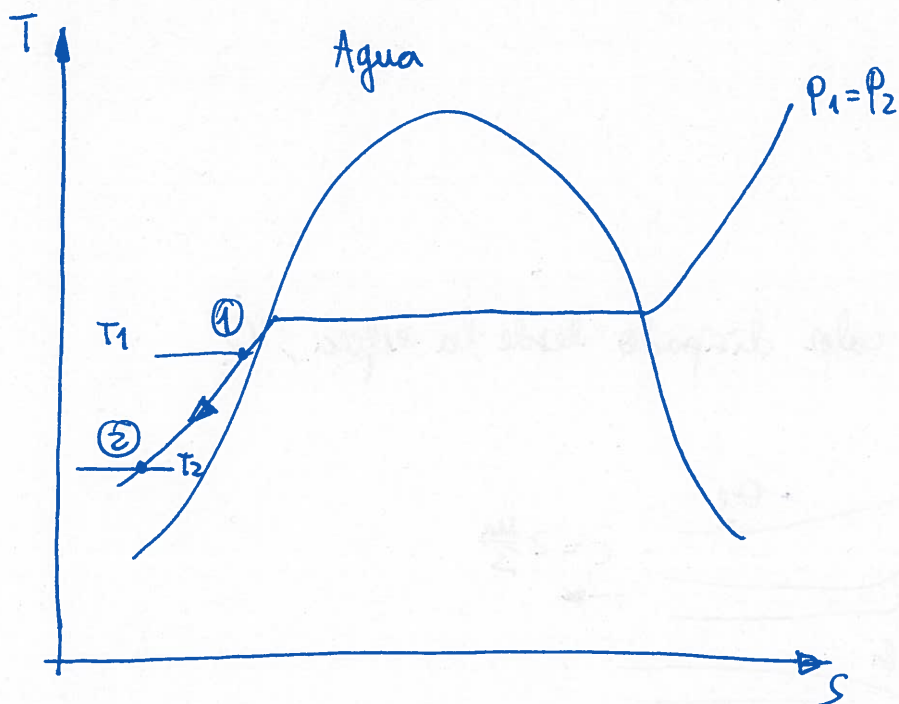
N.A.N/ D.N.I.:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA
 CALIFICACIÓN



PROBLEMA 3

Datos:

Esfera de acero:

$$- \theta_p = 60^\circ\text{C}$$

$$- \phi = 4\text{ cm} = 0.04\text{ m}$$

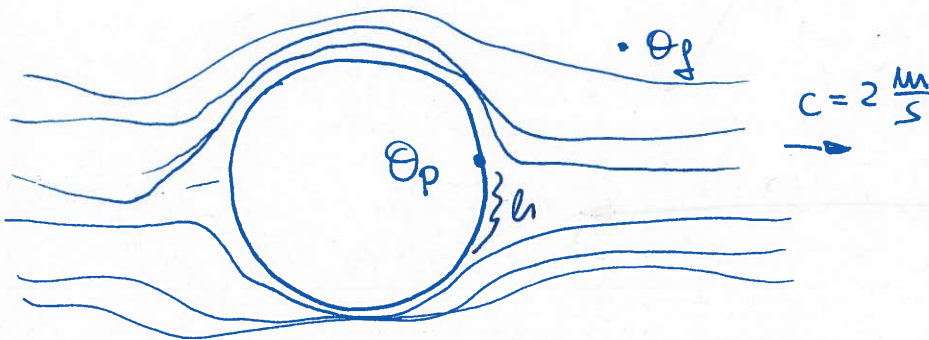
Agua:

$$- \theta_f = 15^\circ\text{C}$$

$$- C = 2\text{ m/s}$$

Se pide:

- El flujo de calor disipado desde la esfera, $\dot{Q}$



- Se considera intercambio de calor en régimen permanente
- El intercambio de calor entre la esfera y el agua se produce por convección forzada.

Por ser el intercambio de calor por convección se aplica la ley de enfriamiento de Newton:

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$$\dot{Q} = h \cdot A \cdot (\theta_p - \theta_f)$$

Para calcular el calor intercambiado, primero calcularemos el coeficiente de convección. Para ello, podemos aplicar la correlación de Whitaker o la alternativa. Se resuelve utilizando ambas opciones, emperando por la de Whitaker:

$$\text{Correlación de Whitaker} \rightarrow Nu = 2 + (0.4 \cdot Re^{1/2} + 0.06 Re^{2/3}) Pr^{0.4}$$

$$\Pi = \phi = 0.04 \text{ m}$$

$$\theta_{\text{canal}} = \theta_f = 15^\circ\text{C}$$

$$3.5 \leq Re \leq 80000$$

$$0.7 \leq Pr \leq 380$$

Determinaremos el valor de los números adimensionales

utilizando las propiedades del fluido para la temperatura

24

característica indicada:

$$\rho = 999'1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_p = 4186 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$k = 0'589 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$\mu = 1'138 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$Pr = 8'09$$

Utilizando tablas

Procedemos al cálculo del número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot \pi \cdot c}{\mu} = \frac{\rho \cdot \phi \cdot c}{\mu} = \frac{999'1 \cdot 0'04 \cdot 2}{1'138 \cdot 10^{-3}} = 70235'5$$

Utilizando el valor del número de Reynolds y Prandtl determinamos el número de Nusselt:

$$Nu = 2 + (0'4 \cdot Re^{1/2} + 0'06 \cdot Re^{2/3}) \cdot Pr^{0'4} =$$

$$= 2 + (0'4 \cdot 70235'5^{1/2} + 0'06 \cdot 70235'5^{2/3}) \cdot 8'09^{0'4} = 483'22$$

$$Nu = \frac{h \cdot \pi}{k} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{\pi} = \frac{Nu \cdot k}{\phi} = \frac{483'22 \cdot 0'589}{0'04} = 7115'4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Calculamos el área de la superficie de intercambio de calor entre la esfera y el agua:

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = 4 \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = \pi \cdot \phi^2 = \pi (0'04)^2 = 5'027 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Finalmente calculamos el calor disipado desde la esfera:

$$\boxed{\dot{Q} = h \cdot A \cdot (\theta_p - \theta_f) = 7115'4 \cdot 5'027 \cdot 10^{-3} \cdot (60 - 15) = 1609'5 \text{ W}}$$

Ahora resolveremos el problema utilizando la correlación alternativa:

$$Nu = 0'33 Re^{0'6}$$

$$\theta_{carac} = \frac{\theta_p + \theta_f}{2} = \frac{60 + 15}{2} = 37'5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Utilizando esta temperatura característica calcularemos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{f \cdot \pi \cdot c}{\mu} = \frac{f \cdot \phi \cdot c}{\mu}$$

Para ello debemos obtener los valores de las propiedades:

$$\rho = 993'05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_p = 4178'5 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$$

$$k = 0'627 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$\mu = 6'865 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$Pr = 4'575$$

Utilizando tablas

$$Re = \frac{\rho \cdot \phi \cdot c}{\mu} = \frac{993'05 \cdot 0'04 \cdot 2}{6'865 \cdot 10^{-4}} = 115723'2$$

Aplicamos la correlación alternativa:

$$Nu = 0'33 Re^{0'6} = 0'33 \cdot 115723'2^{0'6} = 360'2$$

$$Nu = \frac{h \cdot \pi}{k} \rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{\pi} = \frac{360'2 \cdot 0'627}{0'04} = 5646'4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Finalmente calculamos el flujo de calor disipado:

$$\dot{Q} = h \cdot A \cdot (\theta_p - \theta_f) = 5646'4 \cdot 5'027 \cdot 10^{-3} (60 - 15) = \boxed{1277'2 \text{ W}}$$

DEITURAK/APELLIDOS:

IZENA/ NOMBRE:

TALDEA/ GRUPO:

TITULAZIOA/ TITULACIÓN:

N.A.N/ D.N.I:

IKASTURTEA/ CURSO:

DATA/ FECHA:

IRAKASGAIA/ ASIGNATURA:

KALIFIKAZIOA CALIFICACIÓN											
------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Los resultados obtenidos utilizando las dos correlaciones propuestas son distintos. Siendo esto así, a la hora de corregir los exámenes se consideran ambos procedimientos y resultados correctos.

Para obtener un resultado más preciso es necesario realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva y seleccionar la correlación que mejor se ajuste al problema analizado.

