

Indicaciones específicas:

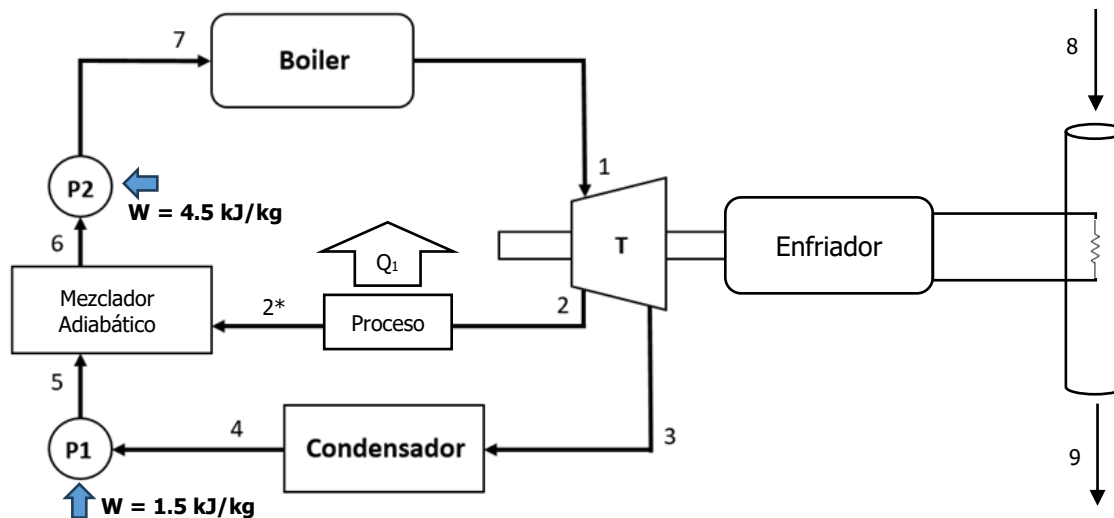
Duración: 105 minutos

Número de preguntas: 2

Se permite el uso de calculadora, tablas termodinámicas y una hoja A4 de formulario. **Dibuje y delimite gráficamente el sistema para cada pregunta o delimite al inicio y cítelos.** Mantenga la estructura: pregunta, datos, ecuaciones, reemplazo de datos en ecuaciones, respuesta. Enuncie tablas, ecuaciones de estado y consideraciones. Sea ordenado y siempre indique las unidades. Recuerde que se descontará hasta 50% de del puntaje de la pregunta por no seguir las indicaciones.

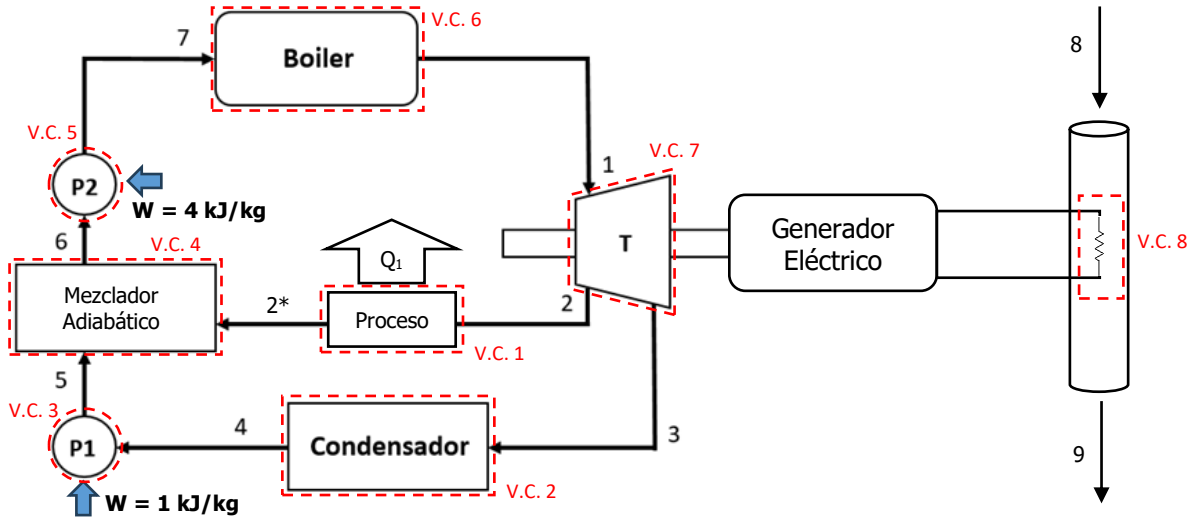
PREGUNTA 1

En la figura un ciclo de potencia que opera con agua como fluido de trabajo en estado estacionario. La turbina adiabática T produce 1.8 kg/s de mezcla bifásica (Corriente 2, $T_2 = 165^\circ\text{C}$, $x_2 = 95\%$) y 6 kg/s de vapor saturado (Corriente 3, $P_3 = 0.5$ bar). La corriente 2 se emplea en el calentamiento (Q_1) de una planta de procesos cercana, y retorna al ciclo como líquido saturado (Corriente 2*, $T_{2^*} = 165^\circ\text{C}$). En el condensador se obtiene líquido saturado (Corriente 4), el cual ingresa a la bomba adiabática P1 y produce un líquido comprimido (Corriente 5), consumiendo 1.5 kJ/kg de agua que circula a través de ella. La bomba adiabática P2 consume 4.5 kJ/kg de agua, y comprime el agua hasta 40 bar (Corriente 7). En el boiler se produce vapor sobrecalentado de alta presión (Corriente 1, $P_1 = 40$ bar, $T_1 = 600^\circ\text{C}$), el cual es alimentado a la turbina T. El 0.54% de la potencia generada en la turbina T se transforma en el calor que se remueve de una corriente de aire húmedo en un enfriador. La corriente de aire húmedo (Corriente 8, $P_8 = 1$ atm, $T_8 = 30^\circ\text{C}$, $\phi_8 = 30\%$) se enfría hasta alcanzar la saturación sin que haya condensación de agua (Corriente 9, $\phi_9 = 100\%$). **A excepción de las bombas y la turbina, los otros equipos son isóbaros.** Se pueden ignorar la energía potencial y cinética de las corrientes. Se debe emplear la carta psicrométrica **para los puntos g y h**. Con esta información, se le solicita:



- Calcular el calor Q_1 (kW) que cede el vapor a la planta de procesos cercana. **(3 puntos)**
- Calcular el calor liberado (kW) por el vapor en el condensador. **(2 puntos)**
- Calcular la entalpía específica de la corriente 5 (kJ/kg) y de la corriente 6 (kJ/kg). **(4 puntos)**
- Estimar el volumen específico de la corriente 6 (m^3/kg) y la entalpía específica de la corriente 7 (kJ/kg). **(3 puntos)**
- Calcular el calor absorbido en el boiler (kW). **(2 puntos)**
- Calcular la potencia producida en la turbina T (kW). **(3 puntos)**
- Calcular el calor requerido para enfriar hasta saturación el aire húmedo en kJ/kg aire seco. **(1.5 puntos)**
- Calcular el flujo másico de aire húmedo que circula en el enfriador (kg/s). **(1.5 puntos)**

RÚBRICA EXAMEN PARCIAL 2024-1



- a) Calcular el calor Q_1 (kW) que cede el vapor de media presión a la planta de procesos cercana. **(3 puntos)**

De la tabla A-2 se interpola las propiedades del agua saturada a 165°C :

$$P = \frac{6.178 + 7.917}{2} = 7.0475 \text{ bar}, h_f = \frac{675.55 + 719.21}{2} = 697.38 \text{ kJ/kg}, h_g = \frac{2758.10 + 2768.70}{2} = 2763.40 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 697.38 + 0.95(2763.4 - 697.38) = 2660.099 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2^*} = 697.38 \text{ kJ/kg}$$

Balance de energía en V.C.1

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_1(h_2 - h_{2^*}) \\ 0 &= \dot{Q} - 0 + 1.8 \times (2660.099 - 697.38) \\ \dot{Q} &= -3532.8942 \text{ kW} \end{aligned}$$

- b) Calcular el calor liberado (kW) por el vapor de baja presión en el condensador. **(2 puntos)**

De la tabla A-3 leen las propiedades del agua saturada a 0.5 bar:

$$T = 81.33^\circ\text{C}, h_f = 340.49 \text{ kJ/kg}, h_g = 2645.90 \text{ kJ/kg}$$

Haciendo el balance de energía en el V.C. 2

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_2(h_3 - h_4) \\ 0 &= \dot{Q} - 0 + 6 \times (2645.90 - 340.49) \\ \dot{Q} &= -13832.4600 \text{ kW} \end{aligned}$$

- c) Calcular la entalpía específica de la corriente 5 (kJ/kg) y de la corriente 6 (kJ/kg). **(4 puntos)**

Balance de energía en el V.C.3

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_2(h_4 - h_5) \\ 0 &= 0 - (-1.5 \times 6) + 6 \times (340.49 - h_5) \\ h_5 &= 341.99 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Balance de energía en V.C.4

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_1 h_2^* + \dot{m}_2 h_5 - (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_6 \\ 0 &= 0 - 0 + 1.8 \times 697.38 + 6 \times 341.99 - (1.8 + 6) \times h_6 \\ h_6 &= 424.0031 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

- d) Estimar el volumen específico de la corriente 6 (m^3/kg) y la entalpía específica de la corriente 7 (kJ/kg). **(3 puntos)**

Interpolando de la tabla de agua saturada A-2

$$v_6 = \frac{1.0435 - 1.0516}{419.04 - 461.30} \times (424.0031 - 461.30) + 1.0516 = 1.0445 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$$

Balance de energía en el V.C.5

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_2 (h_6 - h_7) \\ 0 &= 0 - (-4.5 \times 7.8) + 7.8 \times (424.0031 - h_7) \\ h_7 &= 428.5031 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

- e) Calcular el calor absorbido en el boiler (kW). **(2 puntos)**

Propiedades del estado 1:

$$P_1 = 40 \text{ bar}, T_1 = 600^\circ\text{C}, h_1 = 3674.40 \text{ kJ/kg}$$

Balance de energía en el V.C.6

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m} (h_7 - h_1) \\ 0 &= \dot{Q} - 0 + 7.8 \times (428.5031 - 3674.40) \\ \dot{Q} &= 25317.9958 \text{ kW}\end{aligned}$$

- f) Calcular la potencia producida en la turbina T (kW). **(2 puntos)**

Balance de energía en el V.C.7

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m} h_1 - \dot{m}_1 h_2 - \dot{m}_2 h_3 \\ 0 &= 0 - \dot{W} + 7.8 \times 3674.40 - 1.8 \times 2660.099 - 6 \times 2645.90 \\ \dot{W} &= 7996.7418 \text{ kW}\end{aligned}$$

- g) Calcular el calor requerido para enfriar hasta saturación el aire húmedo en kJ/kg aire seco. **(2 puntos)**

Balance de energía en el V.C.8

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_a (h_8 - h_9) \\ 0 &= \dot{Q} - 0 + \dot{m}_a \times (50.8 - 30.5) \\ \dot{Q}/\dot{m}_a &= -20.3 \text{ kJ/kg aire seco}\end{aligned}$$

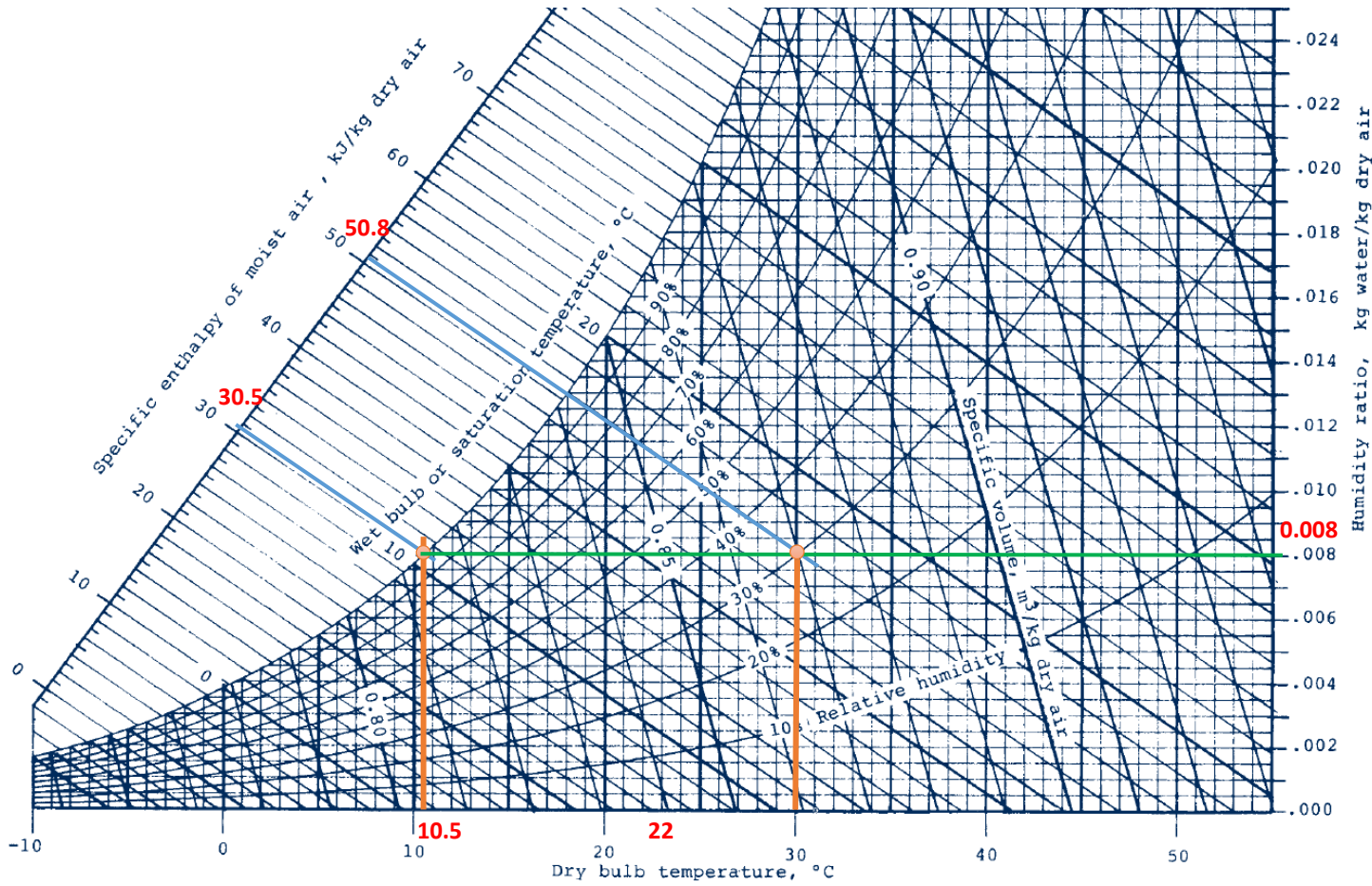
- h) Calcular el flujo másico de aire húmedo que circula en el enfriador (kg/s).

$$\dot{Q} = 0.54\% \dot{W} = 0.0054 \times 7996.7418 = 43.1824 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}}{20.3} = \frac{43.1824}{20.3} = 2.1272 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m} = \dot{m}_a(1 + \omega) = 2.1272(1 + 0.008)$$

$$\dot{m} = 2.1442 \text{ kg/s}$$



OBSERVACIONES PARA TODO EL EXAMEN

- ✓ NO COLOCAR LAS RESPUESTAS EN LAS UNIDADES SOLICITADAS O NO COLOCAR LAS UNIDADES **DESCUENTA 0.4 PUNTOS POR CADA AUSENCIA.**
- ✓ **ERRORES DE CÁLCULO** (TODOS LOS VALORES CORRECTOS, PERO AL MOMENTO DE EFECTUAR LAS OPERACIONES EN LA CALCULADORA HACERLO DE MANERA INCORRECTA), **DESCUENTAN 0.2 PUNTO.**
- ✓ **ARRASTRE DE ERROR**, POR CADA CÁLCULO HECHO CON EL VALOR INCORRECTO, **DESCUENTA 0.2 PUNTOS PARA CÁLCULOS SIMPLES (SUMAS, MULTIPLICACIONES, ETC.) Y 0.6 PUNTOS PARA CÁLCULOS COMPLEJOS (INTERPOLACIONES, ECUACIONES DE 3 O MÁS VARIABLES, CÁLCULO DE PROPIEDADES, ETC.).**
- ✓ ERRORES EN EL **REPORTE DE PROPIEDADES** (ENTALPÍA, ENTROPÍA, p_r , TEMPERATURAS, ETC.), NO INTERPOLAR CUANDO SE DEBE O USAR MAL LOS DATOS DE LAS TABLAS **DESCUENTAN 0.6 PUNTOS.**
- ✓ **SI NO SE REEMPLAZAN VALORES EN LAS ECUACIONES**, DE NO ESTAR MENCIONADOS ANTERIORMENTE EN LA RESOLUCIÓN, Y **SOLO MOSTRAR LA RESPUESTA FINAL** SE CONSIDERARÁ COMO AUSENCIA DE PROPIEDADES Y POR TANTO SE **DESCONTARÁ 0.6 PUNTOS POR CADA PROPIEDAD AUSENTE.**
- ✓ **ERRORES CONCEPTUALES** (EXTRAPOLAR VALORES DE TABLAS, NO PLANTEAR CORRECTAMENTE LOS BALANCES DE ENERGÍA, USAR CONSIDERACIONES INCORRECTAS AL MOMENTO DE PLANTEAR LOS BALANCES, ETC.) **DESCUENTAN 0.6 PUNTOS** ADEMÁS DE LOS QUE SE DESCONTARÁN POR PROPIEDADES O CÁLCULOS INCORRECTOS. LOS ERRORES CONCEPTUALES DETALLADOS ANTERIORMENTE PUEDEN SER ACUMULATIVOS Y EL DESCUENTO SE REALIZA POR CADA UNO DE ELLOS.
- ✓ SE DEBE PLANTEAR SIEMPRE EL BALANCE GENERAL DE ENERGÍA Y LUEGO IR SIMPLIFICÁNDOLO DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y DEL PROBLEMA. **SI SE PRESENTAN BALANCES SIMPLIFICADOS SIN UNA CORRECTA DEDUCCIÓN DESCUENTAN 0.6 PUNTOS POR CADA BALANCE AUSENTE.**
- ✓ PREGUNTA DE GRÁFICO: **POR CADA PROPIEDAD AUSENTE EN EL GRÁFICO SE DESCUENTAN 0.6 PUNTOS** SIN IMPORTAR SI ESTÁN MENCIONADAS ANTERIORMENTE. ADEMÁS, SI LAS PROPIEDADES SE HALLARON DE FORMA INCORRECTA O NO SE MUESTRA EL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LLEGAR A ELLAS (POR EJEMPLO, EL CÁLCULO DEL VOLUMEN ESPECÍFICO CON CALIDAD) SE CONSIDERA COMO PROPIEDAD INCORRECTA Y DESCUENTA 0.6 PUNTOS. **ESTADOS MAL UBICADOS, PRESIONES, O AUSENCIA DE CAMPANA DESCUENTAN 0.6 PUNTOS CADA UNO.**
- ✓ NO **DELIMITAR LOS SISTEMAS (VOLÚMENES DE CONTROL)** **DESCUENTA EL 50%** DEL PUNTAJE OBTENIDO EN LAS PREGUNTAS QUE IMPLIQUEN SU USO
- ✓ EL **ORDEN SERÁ PENALIZADO HASTA CON EL 50%** DEL PUNTAJE TOTAL. **SI NO COLOCAN LA FOTO DEL DNI FÍSICO EN CADA HOJA DE DESARROLLO, SE DESCUENTA 1 PUNTOS EN ESTE CONCEPTO.**
- ✓ UNA PREGUNTA CON **EXCESO DE DESORDEN**, QUE IMPIDA OBSERVAR UNA ADECUADA RESOLUCIÓN, **NO SERÁ CORREGIDA.**