



Proba de

Código

Operador/ora industrial de caldeiras

OCL

Parte 2. Proba práctica

1. Formato da proba

Formato

- A proba consta de tres problemas.

Puntuación

- 10 puntos.

Materiais e instrumentos que se poden empregar durante a proba

- Bolígrafo con tinta negra ou azul.
- Calculadora científica, excepto as que sexan programables, gráficas ou con capacidade para almacenar e transmitir datos.

Duración

- Tempo estimado para responder: 60 minutos.

Advertencias para as persoas participantes

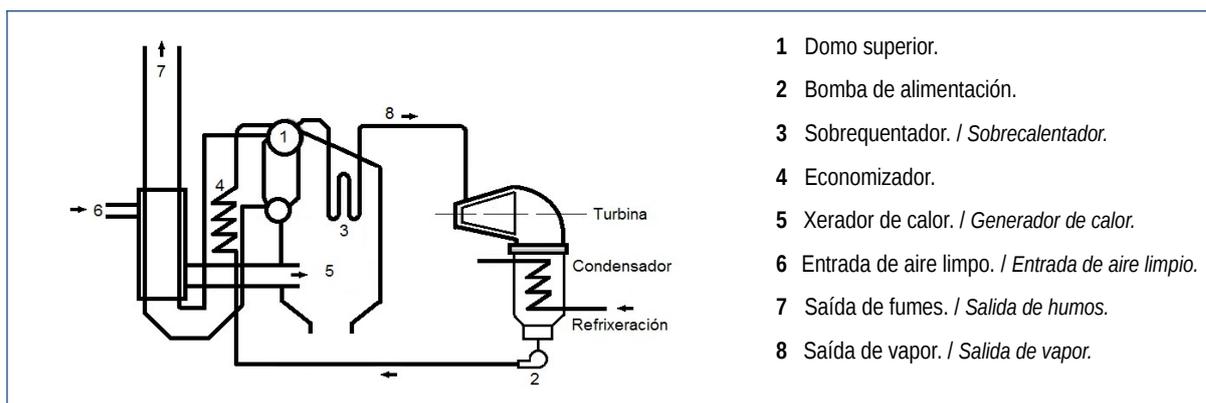
- Cumprirá que se desenvolva o conxunto ou a secuencia de operacións ordenadas que dan lugar ao resultado final, ou a xustificación razoada da resposta, se se require na cuestión algún argumento de reflexión. En caso contrario, non se puntuará o exercicio.
- Os exames non deben levar ningún tipo de marca nin texto que poidan identificar a persoa candidata, agás nos espazos reservados para a súa identificación.

2. Exercicio

Problema 1 [4 puntos]

Na caldeira da figura prodúcese vapor saturado a 7 bar (absolutos) a razón de 10000 kg/h. Esta caldeira funciona con gas natural cun poder calorífico inferior (Hi) de 10,83 kWh/m³(n).

En la caldera de la figura se produce vapor saturado a 7 bar (absolutos) a razón de 10000 kg/h. Esta caldera funciona con gas natural con un poder calorífico inferior (Hi) de 10,83 kWh/m³ (n).



1. Indicar en que punto dos enumerados no esquema anterior o vapor adquire a condición de saturado. [1 punto]

Indicar en qué punto de los enumerados en el esquema anterior el vapor adquiere la condición de saturado. [1 punto]

2. Calcular o rendemento da caldeira, supondo que non hai retorno de condensados e que a auga de reposición ten unha entalpía de 83,93 kJ/kg. Considerar que o contador de gas da caldeira marcaba 10724 m³(n) e unha hora despois marca 11474 m³(n). [2 puntos]

Nota: supor constante a densidade da auga.

Calcular el rendimiento de la caldera, suponiendo que no hay retorno de condensados y que el agua de reposición tiene una entalpía de 83,93 kJ/kg. Considerar que el contador de gas de la caldera marcaba 10724 m³(n) y una hora después marca 11474 m³(n). [2 puntos]

Nota: suponer constante la densidad del agua.

3. Supondo unha purga de fondo de 300 litros cada 4 horas e unha purga de sales continua de 200 l/h cun retorno de condensados do 75 %, cal debe ser a capacidade mínima, en litros por hora (l/h), do sistema de depuración de auga da planta? [1 punto]

Suponiendo una purga de fondo de 300 litros cada 4 horas y una purga de sales continua de 200 l/h con un retorno de condensados del 75 %, ¿cuál debe ser la capacidad mínima, en litros por hora (l/h), del sistema de depuración de agua de la planta? [1 punto]



Propiedades da auga saturada (líquido-vapor): táboa de presións / *Propiedades del agua saturada (líquido-vapor): tabla de presiones*

Presión bar	Temp. °C	Entalpía		
		kJ / kg		
		Líquido sat, h _f	Vapor vaporiz, h _{fg}	Vapor sat, h _g
0,04	28,96	121,46	2432,9	2554,4
0,06	36,16	151,53	2415,9	2567,4
0,08	41,51	173,88	2403,1	2577,0
0,10	45,81	191,83	2392,8	2584,7
0,20	60,06	251,40	2358,3	2609,7
0,30	69,10	289,23	2336,1	2625,3
0,40	75,87	317,58	2319,2	2636,8
0,50	81,33	340,49	2305,4	2645,9
0,60	85,94	359,86	2293,6	2653,5
0,70	89,95	376,70	2283,3	2660,0
0,80	93,50	391,66	2274,1	2665,8
0,90	96,71	405,15	2265,7	2670,9
1,00	99,63	417,46	2258,0	2675,5
1,50	111,4	467,11	2226,5	2693,6
2,00	120,2	504,70	2201,9	2706,7
2,50	127,4	535,37	2181,5	2716,9
3,00	133,6	561,47	2163,8	2725,3
3,50	138,9	584,33	2148,1	2732,4
4,00	143,6	604,74	2133,8	2738,6
4,50	147,9	623,25	2120,7	2743,9
5,00	151,9	640,23	2108,5	2748,7
6,00	158,9	670,56	2086,3	2756,8
7,00	165,0	697,22	2066,3	2763,5

Nota: as presións da táboa son absolutas / *las presiones de la tabla son absolutas*



Problema 2 [4 puntos]

A análise dos fumes dunha caldeira que queima gas natural deu como resultado os seguintes datos:

- Temperatura de saída de fumes: 170 °C
- Temperatura ambiente: 22 °C.
- Concentración de CO nos fumes: 130 ppm
- Concentración de hidrocarburos nos fumes: 55 ppm
- Porcentaxe de O₂ nos fumes: 5 %
- Perdas fixas: 2,5 %
- Perdas por fumes (calor sensible): 6%

Responda ás seguintes cuestións:

El análisis de los humos de una caldera que quema gas natural dio como resultado los siguientes datos:

- *Temperatura de salida de humos: 170 °C*
- *Temperatura ambiente: 22 °C*
- *Concentración de CO en los humos: 130 ppm*
- *Concentración de hidrocarburos en los humos: 55 ppm*
- *Porcentaje de O₂ en los humos: 5 %*
- *Pérdidas fijas: 2,5 %*
- *Pérdidas por humos (calor sensible): 6 %*

Responda a las siguientes cuestiones:

1. Calcular a porcentaxe de perdas por inqueimados. [1 punto]

Calcular el porcentaje de pérdidas por inquemados. [1 punto]

$$P_i = \frac{21}{21 - O_2} * \left(\frac{[CO]}{3100} + \frac{[HIDROCARB]}{1000} \right)$$

2. Calcular o rendemento da instalación. [1,5 puntos]

Calcular el rendimiento de la instalación. [1,5 puntos]

3. Para o caso de que o rendemento fose do 90 % determinar a potencia útil da caldeira en kW, sabendo que a súa potencia nominal é de 1032000 kcal/h. [1,5 punto]

En caso de que el rendimiento sea del 90 % determinar la potencia útil de la caldera en kW, sabiendo que su potencia nominal es de 1032000 kcal/h. [1,5 puntos]



Problema 3 [2 puntos]

Determinar a potencia consumida no sobrequentador dunha caldeira de xeración de vapor a unha presión absoluta de 10 bar requentado a 280 °C. A produción de vapor será de 1000 kg/h.

Determinar la potencia consumida en el sobrecalentador de una caldera de generación de vapor a una presión absoluta de 10 bar recalentado a 280 °C. La producción de vapor será de 1000 kg/h.

T °C	v m^3/kg	h kJ / kg
$p = 10,0 \text{ bar} = 1,0 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = 179,91 \text{ }^\circ\text{C}$)		
Sat	0,1944	2778,1
200	0,2060	2827,9
240	0,2275	2920,4
280	0,2480	3008,2
320	0,2678	3093,9
360	0,2873	3178,9
400	0,3066	3263,9
440	0,3257	3349,3
500	0,3541	3478,5
540	0,3729	3565,6
600	0,4011	3697,9
640	0,4198	3787,2

Nota:

- *As presións da táboa son absolutas. / Las presiones de la tabla son absolutas.*
- *O termo Sat na primeira liña da táboa indica saturación. / El término Sat en la primera línea de la tabla indica saturación.*



3. Solucións

Problema 1

Cuestión 1

O vapor adquire a condición de saturado no punto 1, no domo superior.

El vapor adquiere la condición de saturado en el punto 1, en el domo superior.

Cuestión 2

Calculamos o caudal de gas (C) a partir das medicións do contador (C₂ e C₁):

Calculamos el caudal de gas a partir de las mediciones del contador:

$$C = C_2 - C_1 = 11474 \text{ m}^3(\text{n}) - 10724 \text{ m}^3(\text{n}) = 750 \text{ m}^3(\text{n})$$

A enerxía consumida W será:

La energía consumida W será:

$$W = C \cdot H_i = 750 \text{ m}^3(\text{n}) / \text{h} \cdot 10,83 \text{ kWh} / \text{m}^3(\text{n}) = 8122,5 \text{ kWh}$$

A entalpía de entrada (dato de partida) é de 83,93 kJ / kg e a entalpía de saída obtense da táboa que se achega (2763,5 kJ / kg). O incremento da entalpía (ΔH) será por tanto:

La entalpía de entrada (dato de partida) es de 83,93 kJ/kg y la entalpía de salida se obtiene de la tabla adjunta (2763,5 kJ/kg). El incremento de la entalpía (ΔH) será por tanto:

$$\Delta H = H_2 - H_1 = 2763,5 \text{ kJ} / \text{kg} - 83,93 \text{ kJ} / \text{kg} = 2679,57 \text{ kJ} / \text{kg}$$

		Entalpía		
		kJ / kg		
Presión	Temp.	Líquido	Vapor	Vapor
bar	°C	sat.	vaporiz.	sat.
		h_f	h_{fg}	h_g
0,04	28,96	121,46	2432,9	2554,4
0,06	36,16	151,53	2415,9	2567,4
0,08	41,51	173,88	2403,1	2577,0
0,10	45,81	191,83	2392,8	2584,7
0,20	60,06	251,40	2358,3	2609,7
0,30	69,10	289,23	2336,1	2625,3
0,40	75,87	317,58	2319,2	2636,8
0,50	81,33	340,49	2305,4	2645,9
0,60	85,94	359,86	2293,6	2653,5
0,70	89,95	376,70	2283,3	2660,0
0,80	93,50	391,66	2274,1	2665,8
0,90	96,71	405,15	2265,7	2670,9
1,00	99,63	417,46	2258,0	2675,5
1,50	111,4	467,11	2226,5	2693,6
2,00	120,2	504,70	2201,9	2706,7
2,50	127,4	535,37	2181,5	2716,9
3,00	133,6	561,47	2163,8	2725,3
3,50	138,9	584,33	2148,1	2732,4
4,00	143,6	604,74	2133,8	2738,6
4,50	147,9	623,25	2120,7	2743,9
5,00	151,9	640,23	2108,5	2748,7
6,00	158,9	670,56	2086,3	2756,8
7,00	165,0	697,22	2066,3	2763,5



A calor absorbida (Q) polo fluído é o produto do caudal de auga (C) polo incremento da entalpía (ΔH):

El calor absorbido (Q) por el fluído es el producto del caudal de agua (C) por el incremento de la entalpía (ΔH):

$$Q = C \cdot \Delta H = 10000 \text{ kg / h} \cdot 2679,57 \text{ kJ / kg} = 26795700 \cdot 1 \text{ hora} / 3600 \text{ s} = 7443,25 \text{ kW}$$

Calculamos o rendemento (η):

Calculamos el rendimiento (η):

$$\eta = Q / W = 7443,25 \text{ kW} / 8122,5 \text{ kW} = 0,916 = 91,6 \%$$

Cuestión 3

Tendo en conta un retorno de condensados do 75% e que se produce unha purga de fondo de 300 litros cada 4 horas e unha purga de sales continua de 200 l/h, a capacidade mínima do sistema de depuración de auga da planta C será:

Teniendo en cuenta un retorno de condensados del 75% y que se produce una purga de fondo de 300 litros cada 4 horas y una purga de sales continua de 200 l/h, la capacidad mínima del sistema de depuración de agua de la planta será:

$$C = (10000 \text{ l/h} \cdot 0,25) + 200 \text{ l/h} + (300 / 4) \text{ l/h} = 2775 \text{ l/h}$$

Problema 2

Cuestión 1

A porcentaxe de perdas por inqueimados (P_i) calcúlase coa seguinte fórmula:

$$P_i = [21 / (21 - O_2)] \cdot [(CO / 3100) + (HIDROCARB / 1000)] \cdot 100$$

sendo:

- CO = Concentración de CO nos fumes = 130 ppm
- HIDROCARB = Concentración de Hidrocarburos nos fumes = 55 ppm
- O₂ = Concentración de O₂ nos fumes = 5%

Polo tanto:

$$P_i = [21 / (21 - 5)] \cdot [(130 / 3100) + (55 / 1000)] \cdot 100 = 12,75\%$$



El porcentaje de pérdidas por inquemados (P_i) se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_i = [21 / (21 - O_2)] \cdot [(CO / 3100) + (HIDROCARB / 1000)] \cdot 100$$

siendo:

- CO = Concentración de CO en el humo = 130 ppm
- $HIDROCARB$ = Concentración de Hidrocarburos en el humo = 55 ppm
- O_2 = Concentración de O_2 en el humo = 5%

Por tanto:

$$P_i = [21 / (21 - 5)] \cdot [(130 / 3100) + (55 / 1000)] \cdot 100 = 12,75\%$$

Cuestión 2

O rendemento da instalación é:

$$\eta = 100 - P_i - P_f - P_{qs} = 100 - 0,1275 - 2,5 - 6 = 91,37\%$$

sendo:

- η = rendemento.
- P_i = perdas por inqueimados.
- P_f = perdas fixas.
- P_{qs} = perdas calor sensible.

El rendimiento de la instalación es:

$$\eta = 100 - P_i - P_f - P_{qs} = 100 - 0,1275 - 2,5 - 6 = 91,37\%$$

siendo:

- η = rendimiento.
- P_i = pérdidas por inquemados.
- P_f = pérdidas fijas.
- P_{qs} = pérdidas calor sensible.



Cuestión 3

$$\eta = (P_u / P_n) \cdot 100$$

sendo:

- η = rendimento = 90 %
- P_u = potencia útil
- P_n = potencia nominal = $[1032000 \text{ kcal / h}] / [860 (\text{kcal / h}) / \text{kW}] = 1200 \text{ kW}$

Por tanto:

$$90 = (P_u / 1200) \cdot 100$$

$$P_u = 1080 \text{ kW}$$

$$\eta = (P_u / P_n) \cdot 100$$

siendo:

- η = rendimiento = 90 %
- P_u = potencia útil
- P_n = potencia nominal = $[1032000 \text{ kcal / h}] / [860 (\text{kcal / h}) / \text{kW}] = 1200 \text{ kW}$

Por tanto:

$$90 = (P_u / 1200) \cdot 100$$

$$P_u = 1080 \text{ kW}$$



Problema 3

Segundo a táboa que se achega, correspondente a unha presión de 10 bar, a entalpía de saturación é de 2778,1 kJ / kg e no caso do vapor rehecido a 280 °C a entalpía será de 3008,2 kJ / kg. Polo tanto a variación de entalpía ΔH será:

$$\Delta H = (3008,2 \text{ kJ / kg}) - (2778,1 \text{ kJ / kg}) = 230,1 \text{ kJ / kg}$$

Tendo en conta a produción de vapor (P_v) indicada no enunciado:

$$P_v = (1000 \text{ kg / h}) \cdot (1 \text{ h} / 3600 \text{ s}) = 0,278 \text{ kg / s}$$

Calculamos a potencia consumida (P):

$$P = P_v \cdot \Delta H = (0,278 \text{ kg / s}) \cdot (230,1 \text{ kJ / kg}) = 63,96 \text{ kW}$$

Según la tabla que se adjunta, correspondiente a una presión de 10 bar, la entalpía de saturación es de 2778,1 kJ / kg y en el caso del vapor rehecido a 280 °C la entalpía será de 3008,2 kJ / kg. Por tanto la variación de entalpía ΔH será:

$$\Delta H = (3008,2 \text{ kJ / kg}) - (2778,1 \text{ kJ / kg}) = 230,1 \text{ kJ / kg}$$

Teniendo en cuenta la producción de vapor (P_v) indicada en el enunciado:

$$P_v = (1000 \text{ kg / h}) \cdot (1 \text{ h} / 3600 \text{ s}) = 0,278 \text{ kg / s}$$

Calculamos la potencia consumida (P):

$$P = P_v \cdot \Delta H = (0,278 \text{ kg / s}) \cdot (230,1 \text{ kJ / kg}) = 63,96 \text{ kW}$$

T °C	v m^3/kg	h kJ / kg
$p = 10,0 \text{ bar} = 1,0 \text{ MPa}$ ($T_{sat} = 179,91 \text{ }^\circ\text{C}$)		
Sat	0,1944	2778,1
200	0,2060	2827,9
240	0,2275	2920,4
280	0,2480	3008,2
320	0,2678	3093,9
360	0,2873	3178,9
400	0,3066	3263,9
440	0,3257	3349,3
500	0,3541	3478,5
540	0,3729	3565,6
600	0,4011	3697,9
640	0,4198	3787,2