

---

Proba para a obtención da habilitación profesional

# Operador/ora industrial de caldeiras

---

OCL

Parte 2. Proba práctica



# 1. Formato da proba

---

## Formato

- A proba constará de 3 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

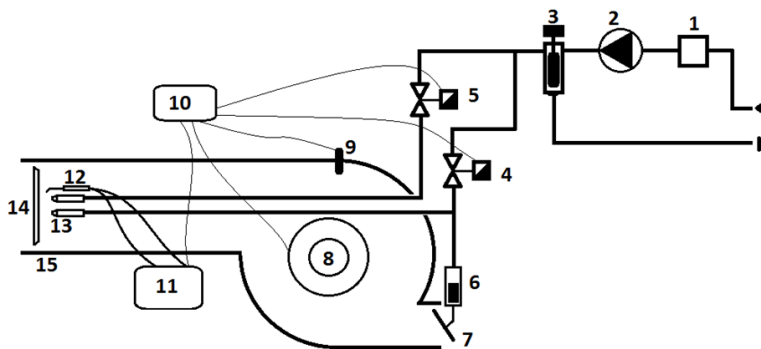
- Cumprirá que se desenvolva o conxunto ou a secuencia de operacións ordenadas que dan lugar ao resultado final, ou a xustificación razoada da resposta, se se require na cuestión algún argumento de reflexión. En caso contrario, non se puntuará o exercicio.
- Os exames non deben levar ningún tipo de marca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

## 2. Exercicio

### Problema 1 [3 puntos]

Tendo en conta o esquema de funcionamento do seguinte queimador, de dúas lapas que traballan a idéntica presión, responda ás seguintes cuestións:

Teniendo en cuenta el esquema de funcionamiento del siguiente quemador, de dos llamas que trabajan a idéntica presión, responda a las siguientes cuestiones:



Lenda		Leyenda	
1. Filtro gasóleo.	9. Fotocélula.	1. Filtro gasóleo.	9. Fotocélula.
2. Bomba gasóleo.	10. Central.	2. Bomba gasóleo.	10. Centralita.
3. Regulador de presión.	11. Transformador de	3. Regulador de presión.	11. Transformador de
4. Electroválvula de 2ª lapa.	acendemento.	4. Electroválvula de 2ª lapa.	acendemento.
5. Electroválvula de 1ª lapa.	12. Eléctrodos de	5. Electroválvula de 1ª lapa.	12. Electrodos de
6. Servopistón entrada aire.	acendemento.	6. Servopistón entrada aire.	acendemento.
7. Clapeta entrada aire.	13. Pulverizadores.	7. Clapeta entrada aire.	13. Pulverizadores.
8. Motor ventilador e bomba	14. Disco estabilizador.	8. Motor ventilador y bomba	14. Disco estabilizador.
de gasóleo.	15. Tubo de lapa.	de gasóleo.	15. Tubo de llama.

1. Se durante o ciclo de acendido non abre a electroválvula (5), que ocorrerá a continuación? Xustifique a resposta. [0,75 puntos]

Si durante el ciclo de encendido no abre la electroválvula (5), ¿qué ocurrirá a continuación? Justifique la respuesta. [0,75 puntos]

2. Se queda agarrotado o servopistón (6) en posición de clapeta (7) pechada, que ocorrerá ao abrir a electroválvula (4) estando xa a primeira lapa acesa? Xustifique a resposta. [0,75 puntos]

Si queda agarrotado el servopistón (6) en posición de clapeta (7) cerrada, ¿qué ocurrirá al abrir la electroválvula (4) estando ya la primera llama encendida? Justifique la respuesta. [0,75 puntos]

3. Se durante o ciclo de acendido rompe a conexión dos condutores da fotocélula (9), que ocorrerá a continuación? Xustifique a resposta. [0,75 puntos]

Si durante el ciclo de encendido rompe la conexión de la fotocélula (9), ¿qué ocurrirá a continuación? Justifique la respuesta. [0,75 puntos]

4. Se existen residuos que xunten os eléctrodos de acendemento (12) co pulverizador (13) do queimador durante o acendido, que ocorrerá a continuación? Xustifique a resposta. [0,75 puntos]

Si existen residuos que junten los electrodos de encendido (12) con el pulverizador (13) del quemador durante el encendido, ¿qué ocurrirá a continuación? Justifique la respuesta. [0,75 puntos]

## Problema 2 [3,5 puntos]

Responda ás seguintes cuestións relativas a unha caldeira de tipo pirotubular como a do esquema, que se emprega para a produción continua de vapor, tendo en conta os seguintes datos de partida:

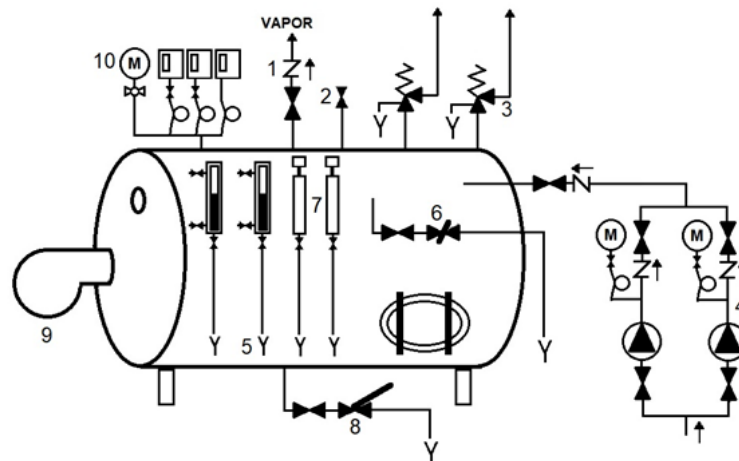
- Producción de vapor: 3 230 kg/h
- Volume total da caldeira: 4,5 m<sup>3</sup>
- Presión máxima de servizo: 6 bar manométrico
- Poder calorífico inferior do gasóleo (H<sub>i</sub>): 10 500 kcal/kg
- Densidade do gasóleo: 0,83 kg/l

Nota: ver táboa de propiedades da auga saturada na páxina seguinte.

*Responda a las siguientes cuestiones relativas a una caldera de tipo pirotubular como la del esquema, que se emplea para la producción continua de vapor, teniendo en cuenta los siguientes datos de partida:*

- Producción de vapor: 3 230 kg/h
- Volumen total de la caldera: 4,5 m<sup>3</sup>
- Presión máxima de servicio: 6 bar manométrico
- Poder calorífico inferior del gasóleo (H<sub>i</sub>): 10 500 kcal/kg
- Densidad del gasóleo: 0,83 kg/l

*Nota: ver tabla de propiedades del agua saturada en la página siguiente.*



### 1. De que clase sería a caldeira? [1 puntos]

*¿De qué clase sería la caldera? [1 puntos]*

### 2. Cumpriría o carné de operador de caldeiras para a súa condución? Razoe a resposta. [1 puntos]

*¿Sería necesario el carnet de operador de calderas para su conducción? Razone la respuesta. [1 puntos]*

### 3. Se o contador de gasóleo indica un consumo de 198 litros na última hora, cal está a ser o rendemento da caldeira? [1,5 puntos]

*Si el contador de gasóleo indica un consumo de 198 litros en la última hora, ¿cuál está siendo el rendimiento de la caldera? [1,5 puntos]*



**Propiedades da auga saturada (líquida – 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 indicadas na táboa son presións absolutas

*Nota: las presiones indicadas en la tabla son presiones absolutas*



### Problema 3 [3,5 puntos]

Responda ás seguintes cuestións relativas a unha caldeira de vapor a gas cunha produción nominal de 12 toneladas/h a 12 bar:

*Responda a las siguientes cuestiones relativas a una caldera de vapor a gas con una producción nominal de 12 toneladas/h a 12 bar:*

1. Observamos nos purgadores a presenza de lodos que delatan un vapor con arrastre de auga. Indique a que pode deberse o problema tendo en conta o seguinte: [0,75 puntos]

- Obsérvase a oscilación do nivel de auga no nivel óptico.
- Compróbase o medidor de condutividade e a medición é de 1 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (valor normal).
- A presión indicada no manómetro de saída é 10,5 bar.

*Observamos en los purgadores la presencia de lodos que delatan un vapor con arrastre de agua. Indique a qué puede deberse el problema teniendo en cuenta lo siguiente: [0,75 puntos]*

- Se observa la oscilación del nivel de agua en el nivel óptico.
- Se comprueba el medidor de conductividad y la medición es de 1 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (valor normal).
- La presión indicada en el manómetro de salida es 10,5 bar.

2. Aínda tendo presión suficiente de gas, o queimador despois do tempo de varrido acende a lapa durante uns segundos e posteriormente apágase, bloqueando o queimador. Cal será a avaría e como se comprobará o funcionamento do compoñente que a orixina? Razoe a resposta. [0,75 puntos]

*Aun teniendo presión suficiente de gas, el quemador después del tiempo de barrido enciende la llama durante unos segundos y posteriormente se apaga, bloqueando el quemador. ¿Cuál será la avería y cómo se comprobará el funcionamiento del componente que la origina? Razone la respuesta. [0,75 puntos]*

3. A temperatura dos fumes supera os 250°C (anormalmente alta). A que se deberá o problema? [0,75 puntos]

*La temperatura de los humos supera los 250°C (anormalmente alta). ¿A qué se deberá el problema? [0,75 puntos]*

4. A esta caldeira instálasele un economizador que mellora a temperatura de entrada da auga ao desgasificador, pasando de 20°C a 50°C. Sabendo que o retorno de condensados se cifra no 50 % da produción nominal, que o poder calorífico inferior ( $H_i$ ) do gas natural é de 9 000 kcal/m<sup>3</sup>(n) e que o funcionamento anual é de 8 000 horas, cal será o aforro anual de combustible orixinado por esta modificación? [1,25 puntos]

*A esta caldera se le instala un economizador que mejora la temperatura de entrada del agua al desgasificador, pasando de 20°C a 50°C. Sabiendo que el retorno de condensados se cifra en el 50 % de la producción nominal, que el poder calorífico inferior ( $H_i$ ) del gas natural es de 9 000 kcal/m<sup>3</sup> (n) y que el funcionamiento anual es de 8 000 horas, ¿cuál será el ahorro anual de combustible originado por esta modificación? [1,25 puntos]*



## 3. Solucións

### Problema 1

#### Cuestión 1

Se non abre a electroválvula (5), o dispositivo de detección de lapa non a detectará e bloquearase o queimador por seguridade.

*Si no abre la electroválvula (5), el dispositivo de detección de llama no la detectará y se bloqueará el quemador por seguridad.*

#### Cuestión 2

A combustión sería deficiente por falla de osíxeno, con saída de fume negro pola cheminea.

*La combustión sería deficiente por falta de oxígeno, con salida de humo negro por la chimenea.*

#### Cuestión 3

O ciclo remataría porque a central non detectaría lapa e bloquearíase por seguridade.

*El ciclo acabaría porque la centralita no detectaría llama y se bloquearía por seguridad.*

#### Cuestión 4

Non saltará a chispa con enerxía suficiente para acender o queimador, xa que a corrente irá cara á masa, polo que non detectará lapa a central e bloquearase por seguridade.

*No saltará la chispa con energía suficiente para encender el quemador ya que la corriente irá hacia masa, por lo que no detectará llama la centralita y se bloqueará por seguridad.*

### Problema 2

#### Cuestión 1

Segundo o regulamento, unha caldeira pirotubular será de clase segunda cando o produto  $P_{ms} \cdot V_T > 15\ 000$ , sendo:

- $P_{ms} = 6$  bar
- $V_T = 4,5\ m^3 = 4\ 500$  litros.

Para este caso:  $P_{ms} \cdot V_T = 6 \times 4\ 500 = 27\ 000 > 15\ 000 \Rightarrow$  **Clase segunda.**

*Según el reglamento, una caldera pirotubular será de clase segunda cuando el producto  $P_{ms} \cdot V_T > 15\ 000$ , siendo:*

- $P_{ms} = 6$  bar
- $V_T = 4,5\ m^3 = 4\ 500$  litros.

*Para este caso:  $P_{ms} \cdot V_T = 6 \cdot 4\ 500 = 27\ 000 > 15\ 000 \Rightarrow$  **Clase segunda.***

#### Cuestión 2

Si, sería necesario xa que as caldeiras da clase segunda, tal e como recolle a normativa, deberán ser conducidas por persoal con carné de operador/a industrial de caldeiras.

*Sí, sería necesario ya que las calderas de clase segunda, tal y como recoge la normativa, deberán ser conducidas por personal con carné de operador/a industrial de calderas.*



### Cuestión 3

A potencia consumida ( $P_c$ ) será:

$$P_c = Q \cdot H_i \cdot d$$

onde:

- $Q$  = consumo = 198 l/h
- $H_i$  = poder calorífico inferior do gasóleo = 10 500 kcal/kg
- $d$  = densidade do gasóleo = 0,83 kg/l

Xa que logo:

$$P_c = Q \cdot H_i \cdot d = 198 \text{ (l/h)} \cdot 10\,500 \text{ (kcal/kg)} \cdot 0,83 \text{ (kg/l)} = 1\,725\,570 \text{ kcal/h}$$

$$P_c = (1\,725\,570 \text{ kcal/h}) \cdot (1 \text{ kW}\cdot\text{h} / 860 \text{ kcal}) = 2\,006,5 \text{ kW}$$

A potencia útil ( $P_{\text{útil}}$ ) será:

$$P_{\text{útil}} = \Delta H \cdot Q_v$$

onde:

- $\Delta H$  = Diferenza de entalpías = (2 763,5 – 697,22) kJ/kg = 2066,28 kJ/kg
- $Q_v$  = Caudal de vapor = (3 230 kg/h) / (1 h / 3 600 s) = 0,89 kg/s

Por tanto:

$$P_{\text{útil}} = \Delta H \cdot Q_v = (2066,28 \text{ kJ/kg}) \cdot (0,89 \text{ kg/s}) = 1\,838,98 \text{ kW}$$

O rendemento ( $\eta$ ) será:

$$\eta = P_{\text{útil}} / P_c \Rightarrow \eta = 1\,838,98 / 2\,006,5 = 0,916 \Rightarrow \eta = 91,6 \%$$

*La potencia consumida ( $P_c$ ) será:*

$$P_c = Q \cdot H_i \cdot d$$

*donde:*

- $Q$  = consumo = 198 l/h
- $H_i$  = poder calorífico inferior del gasoil = 10 500 kcal/kg
- $d$  = densidad del gasoil = 0,83 kg/l

*Por tanto:*

$$P_c = Q \cdot H_i \cdot d = 198 \text{ (l/h)} \cdot 10\,500 \text{ (kcal/kg)} \cdot 0,83 \text{ (kg/l)} = 1\,725\,570 \text{ kcal/h}$$

$$P_c = (1\,725\,570 \text{ kcal/h}) \cdot (1 \text{ kW}\cdot\text{h} / 860 \text{ kcal}) = 2\,006,5 \text{ kW}$$

*La potencia útil ( $P_{\text{útil}}$ ) será:*

$$P_{\text{útil}} = \Delta H \cdot Q_v$$

*donde:*

- $\Delta H$  = Diferencia de entalpías = (2 763,5 – 697,22) kJ/kg = 2066,28 kJ/kg
- $Q_v$  = Caudal de vapor = (3 230 kg/h) / (1 h / 3 600 s) = 0,89 kg/s

*Por tanto:*

$$P_{\text{útil}} = \Delta H \cdot Q_v = (2066,28 \text{ kJ/kg}) \cdot (0,89 \text{ kg/s}) = 1\,838,98 \text{ kW}$$

*El rendimiento ( $\eta$ ) será:*

$$\eta = P_{\text{útil}} / P_c \Rightarrow \eta = 1\,838,98 / 2\,006,5 = 0,916 \Rightarrow \eta = 91,6 \%$$





		Entalpia		
		kJ / kg		
Presión	Temp.	Líquido sat.	Vapor vaporiz.	Vapor sat.
bar	°C	$h_f$	$h_g$	$h$
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	2635,8
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	2698,6
2,00	120,2	504,70	2201,9	2705,7
2,50	127,4	535,37	2181,5	2715,9
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	2755,8
7,00	165,8	697,22	2066,2	2763,5

### Problema 3

#### Cuestión 1

O problema débese a un exceso de consumo de vapor na planta que orixina a baixada da presión interna da caldeira, o que provoca unha evaporación máis vigorosa que trae consigo un arrastre de auga ao circuito de distribución.

*El problema se debe a un exceso de consumo de vapor en la planta que origina la bajada de presión interna en la caldera, lo que provoca una evaporación más vigorosa que trae consigo un arrastre de agua al circuito de distribución.*

#### Cuestión 2

A avaría estará no circuito da sonda de ionización e poderíamos comprobala pondo en serie un microamperímetro que debería medir máis de 5 microamperes en presenza de chama.

*La avería estará en el circuito de la sonda de ionización y podríamos comprobarla poniendo en serie un microamperímetro que debería medir más de 5 microamperios en presencia de llama.*

#### Cuestión 3

Débese a un exceso de sucidade nas paredes do circuito de fume, ou de incrustacións nas paredes do circuito de auga que orixinan un intercambio térmico pobre que fai subir a temperatura dos fumes.

*Se debe a un exceso de suciedad en las paredes del circuito de humo, o de incrustaciones en las paredes del circuito de agua que original un intercambio térmico pobre que hace subir la temperatura de los humos.*



#### Cuestión 4

Tendo en conta que a produción nominal é de 12 000 kg, o retorno de condensados será de 6 000 kg (50%) e, por tanto, a auga de achega serán outros 6 000 kg. Se elevamos a temperatura de entrada da auga desde 20°C a 50°C, estaremos aforrando 30 kcal por kg de auga.

O aforro enerxético anual ( $A_e$ ) será, por tanto:

$$A_e = (30 \text{ kcal/kg}) \cdot (6\,000 \text{ kg/hora}) \cdot (8\,000 \text{ horas/ano}) = 1,44 \cdot 10^9 \text{ kcal}$$

Tendo en conta que cada  $\text{m}^3$  de gas achega 9 000 kcal, calculamos o aforro anual de combustible ( $A_c$ ):

$$A_c = 1,44 \cdot 10^9 \text{ kcal} / 9\,000 \text{ kcal/m}^3 = 160\,000 \text{ m}^3 \text{ (n)}$$

*Teniendo en cuenta que la producción nominal es de 12 000 kg, el retorno de condensados será de 6 000 kg (50%) y por tanto el agua de aportación serán otros 6 000 kg. Si elevamos la temperatura de entrada del agua desde 20°C a 50°C, estaremos ahorrando 30 kcal por kg de agua.*

*El ahorro energético anual ( $A_e$ ) será por tanto:*

$$A_e = (30 \text{ kcal/kg}) \cdot (6\,000 \text{ kg/hora}) \cdot (8\,000 \text{ horas/ano}) = 1,44 \cdot 10^9 \text{ kcal}$$

*Teniendo en cuenta que cada  $\text{m}^3$  de gas aporta 9 000 kcal calculamos el ahorro anual de combustible ( $A_c$ ):*

$$A_c = 1,44 \cdot 10^9 \text{ kcal} / 9\,000 \text{ kcal/m}^3 = 160\,000 \text{ m}^3 \text{ (n)}$$