



---

Proba de

Código

# Operador/ora industrial de caldeiras

---

OCL

Parte 2. Proba práctica



# 1. Formato da proba

---

## Formato

- A proba consta de catro problemas.

## Puntuación

- 10 puntos.

## Duración

- Tempo estimado para responder: 60 minutos.

## 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.

## Advertencias para as persoas participantes

- Cumprirá desenvolver o conxunto ou 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. Exercicios

---

### Problema 1 [3 puntos]

Sexa unha caldeira piro-tubular empregada para a produción continua de vapor cos seguintes datos de partida:

- Producción de vapor: 2155 kg/h.
- Volume total da caldeira: 2,729 m<sup>3</sup>.
- Presión máxima de servizo: 8 bar manométrico.
- PCI gasóleo: 10170 kcal/kg.
- Densidade do gasóleo: 0,82 kg/l.

*Sea una caldera piro-tubular empleada para la producción continua de vapor con los siguientes datos de partida:*

- *Producción de vapor: 2155 kg/h.*
- *Volumen total de la caldera: 2,729 m<sup>3</sup>.*
- *Presión máxima de servicio: 8 bar manométrico.*
- *PCI gasóleo: 10170 kcal/kg.*
- *Densidad del gasóleo: 0,82 kg/l.*

### 1. De que clase sería a caldeira? Cumpriría o carné de operador de caldeiras para a súa condución? [0,75 puntos]

---

*¿De qué clase sería la caldera? ¿Sería necesario el carnet de operador de calderas para su conducción?* [0,75 puntos]

### 2. Se temos unha sonda de temperatura da auga da caldeira que nos dá unha medida de 155 °C, unha presión no interior da caldeira, medida no seu manómetro, de 6 bar e unha presión no colector xeral de vapor de 5,9 bar. É posible este conxunto de medidas? Cal sería unha posible explicación? [0,75 puntos]

---

*Si tenemos una sonda de temperatura del agua de la caldera que nos da una medida de 155 °C, una presión en el interior de la caldera, medida en su manómetro, de 6 bar y una presión en el colector general de vapor de 5,9 bar. ¿Es posible este conjunto de medidas? ¿Cuál sería una posible explicación?* [0,75 puntos]

### 3. Se o contador de gasóleo nos dá un consumo de 136,58 litros na última hora, cal está a ser o rendemento da caldeira, sabendo que a presión **manométrica** de traballo é de 6 bar? [1,5 puntos]

---

*Si el contador de gasóleo nos da un consumo de 136,58 litros en la última hora, ¿cuál está siendo el rendimiento de la caldera, sabiendo que la presión **manométrica** de trabajo es de 6 bar?* [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.

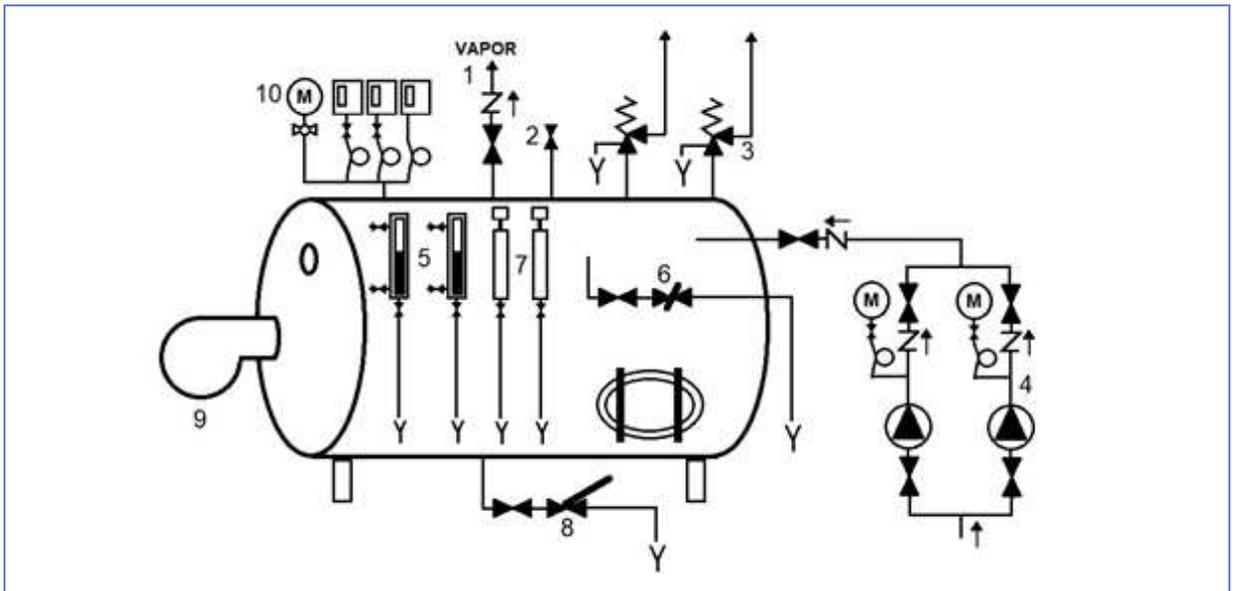
*Nota:* las presiones indicadas en la tabla son presiones absolutas.



**Problema 2** [2 puntos]

Identifique as partes dunha caldeira industrial de produción de vapor, indicando o número correspondente a cada elemento:

*Identifique las partes de una caldera industrial de producción de vapor, indicando el número correspondiente a cada elemento:*



<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Válvula de saída de vapor.</li><li>▪ Válvula de aireación.</li><li>▪ Purga de lodos.</li><li>▪ Purga de sales.</li><li>▪ Sistema de alimentación de auga.</li><li>▪ Válvula de seguridade.</li><li>▪ Sondas de nivel.</li><li>▪ Niveis de cristal.</li><li>▪ Manómetro.</li><li>▪ Queimador.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <i>Válvula de salida de vapor.</i></li><li>▪ <i>Válvula de aireación.</i></li><li>▪ <i>Purga de lodos.</i></li><li>▪ <i>Purga de sales.</i></li><li>▪ <i>Sistema alimentación de agua.</i></li><li>▪ <i>Válvula de seguridade.</i></li><li>▪ <i>Sondas de nivel.</i></li><li>▪ <i>Niveles de cristal.</i></li><li>▪ <i>Manómetro.</i></li><li>▪ <i>Queimador.</i></li></ul>
--	---



**Problema 3** [3 puntos: 1 punto cada cuestión]

Realízase a análise de combustión dunha caldeira de gasóleo C, e obtéñense os seguintes resultados:

- Temperatura de fumes: 210 °C
- CO corrixido: 180 p.p.m
- O<sub>2</sub>: 10%
- CO: 150 p.p.m
- CO<sub>2</sub>: 8%
- Coeficiente exceso aire: 1,85
- Temperatura ambiente: 20°C

Tendo en conta os datos que se indican na táboa de abaixo, onde se recollen os rangos de valores para combustións correctas, en función do combustible utilizado:

*Se realiza el análisis de combustión de una caldera de gasóleo C, y se obtienen los siguientes resultados:*

- *Temperatura de humos: 210 °C*
- *CO corregido: 180 p.p.m*
- *O<sub>2</sub>: 10%*
- *CO: 150p.p.m*
- *CO<sub>2</sub>: 8%*
- *Coeficiente exceso aire: 1,85*
- *Temperatura ambiente: 20°C*

*Teniendo en cuenta los datos que se indican en la tabla siguiente, donde se recogen los rangos de valores para combustiones correctas, en función del combustible utilizado:*

Combustibles	% O <sub>2</sub>	% CO <sub>2</sub>	Coeficiente exceso de aire (λ)	Opacidade Opacidad	Tª saída gases °C Tª salida gases °C	% exceso de aire	p.p.m. CO corrixido / corregido
Gasóleo C	7↓	10↑	1,45	2↓	250↓	45↓	250↓
Gas natural	6↓	9↑	1,30	1↓	220↓	30↓	100↓
Biomasa 30% Humidade Humedad	10↓	11↑	1,55	3↓	250↓	55↓	350↓

- A frecha ↓ indica que o valor marcado debe ser máximo.      ▫ A frecha ↑ indica que o valor marcado debe ser mínimo.  
*La flecha ↓ indica que el valor marcado debe ser máximo.      La flecha ↑ indica que el valor marcado debe ser mínimo.*

**1. Que pode dicir da combustión realizada? É correcta?**

*¿Qué puede decir de la combustión realizada? ¿Es correcta?*

**2. Que axustaría no queimador para poder obter uns valores cos que obteríamos un mellor rendemento da caldeira?**

*¿Qué ajustaría en el quemador para poder obtener unos valores con los que obtendríamos un mejor rendimiento de la caldera?*

**3. Cal sería o rendemento, considerando as perdas por inqueimados desprezables, e sabendo que o rendemento da combustión dunha caldeira é o seguinte?**

*¿Cuál será el rendimiento, considerando las pérdidas por inquemados despreciables, y sabiendo que el rendimiento de la combustión de una caldera es el siguiente?*



$$n_c = 100 - q_A - q_i$$

Onde:

$\eta_c$  = Rendemento da combustión.

$q_A$  = Porcentaxe de perdas por fumes.

$q_i$  = Perdas por inqueimados.

$$q_A = K_{\text{gasóleo}} \cdot (T_f - T_a) / [\text{CO}_2]$$

Onde:

$$K_{\text{gasóleo}} = 0,495 - 0,00693 \cdot [\text{CO}_2]$$

$T_f$  = Temperatura fumes.

$T_a$  = Temperatura ambiente.

$[\text{CO}_2]$  = Porcentaxe de  $\text{CO}_2$  nos fumes.

$$n_c = 100 - q_A - q_i$$

Donde:

$\eta_c$  = Rendimiento de la combustión.

$q_A$  = Porcentaje de pérdidas por humos.

$q_i$  = Pérdidas por inquemados.

$$q_A = K_{\text{gasóleo}} \cdot (T_f - T_a) / [\text{CO}_2]$$

Donde:

$$K_{\text{gasóleo}} = 0,495 - 0,00693 \cdot [\text{CO}_2]$$

$T_f$  = Temperatura humos.

$T_a$  = Temperatura ambiente.

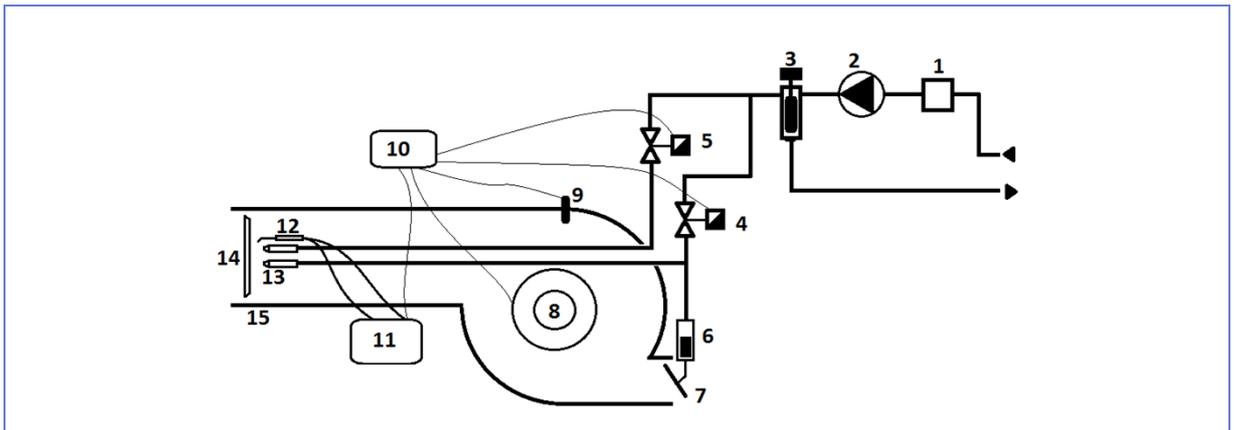
$[\text{CO}_2]$  = Porcentaje de  $\text{CO}_2$  en humos.



**Problema 4** [2 puntos: 0,4 puntos cada cuestión]

Tendo en conta o esquema de funcionamento do seguinte queimador, de dúas lapa que traballan a idéntica presión:

*Teniendo en cuenta el esquema de funcionamiento del siguiente quemador, de dos llamas que trabajan a idéntica presión:*



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 acen-	3. Regulador de presión.	11. Transformador de
4. Electroválvula de 2ª lapa.	demento.	4. Electroválvula de 2ª llama.	encendido.
5. Electroválvula de 1ª lapa.	12. Eléctrodos de acen-	5. Electroválvula de 1ª llama.	12. Electrodo de encendi-
6. Servopistón entrada aire.	demento.	6. Servopistón entrada aire.	do.
7. Clapeta entrada aire.	13. Pulverizadores.	7. Clapeta entrada aire.	13. Pulverizadores.
8. Motor ventilador e bomba de gasóleo.	14. Disco estabilizador.	8. Motor ventilador y bomba de gasóleo.	14. Disco estabilizador.
	15. Tubo de lapa.		15. Tubo de llama.

Indique tres posibles causas polas que:

*Indique tres posibles causas por las que:*

**1.** Podería extinguirse a chama mentres funciona o queimador habendo suficiente combustible no depósito.

*Podría extinguirse la llama mientras funciona el quemador habiendo suficiente combustible en el depósito*

**2.** Se fundan os fusibles.

*Se fundan los fusibles.*

**3.** O queimador non arranque.

*El quemador no arranque.*

**4.** O queimador arranque pero pare debido a que o dispositivo de seguridade se desconecta.

*El quemador arranque pero se pare debido a que el dispositivo de seguridad se desconecta*

**5.** A combustión sexa defectuosa ao entrar a segunda lapa.

*La combustión sea defectuosa al entrar la segunda llama.*



# 1. Solución

## Problema 1

### 1. De clase 2ª.

Si, é necesario o carné de Operador industrial de caldeiras para a condución desa caldeira segundo o artigo 13 da ITC-EP1.

*De clase 2ª.*

*Sí, es necesario el carnet de Operador industrial de calderas para la conducción de esa caldera segundo el artículo 13 de la ITC-EPI.*

### 2. Non é posible ese conxunto de medidas. Na táboa recóllese que a temperatura de vaporización correspondente a 7 bar absolutos é de 165 °C, polo que esa é a temperatura á que debería atoparse a auga.

Dado que as medidas de presión son similares, cabe pensar nun fallo na sonda de temperatura como causa máis probable do problema.

*No es posible ese conjunto de medidas. En la tabla se recoge que la temperatura de vaporización correspondiente a 7 bar absolutos es de 165 °C, por lo que esa es la temperatura a la que debería estar el agua.*

*Dado que las medidas de presión son similares, cabe pensar en un fallo en la sonda de temperatura como causa más probable del problema.*

### 3. A caldeira está produciendo 2155 kg/h de vapor, para o que se precisa dunha enerxía de:

$$2155 \text{ kg/h} \cdot 2066,3 \text{ kJ/kg} = 4\,452\,876,5 \text{ kJ/h}$$

Por outra banda a enerxía contida no combustible consumido é:

$$4,18 \text{ kJ/kcal} \cdot 10\,170 \text{ kcal/kg} \cdot 136,58 \text{ l/h} \cdot 0,82 \text{ kg/l} = 4\,761\,000 \text{ kJ/h}$$

O rendemento ( $\eta$ ) será o cociente entre a enerxía útil e a consumida:

$$\eta = 4\,452\,876,5 / 4\,761\,000 = 0,93 \Rightarrow \text{Rendemento do } 93 \%$$

*La caldera está produciendo 2155 kg/h de vapor, para lo que se precisa de una energía de:*

$$2155 \text{ kg/h} \cdot 2066,3 \text{ kJ/kg} = 4\,452\,876,5 \text{ kJ/h}$$

*Por otro lado la energía contenida en el combustible consumido es de:*

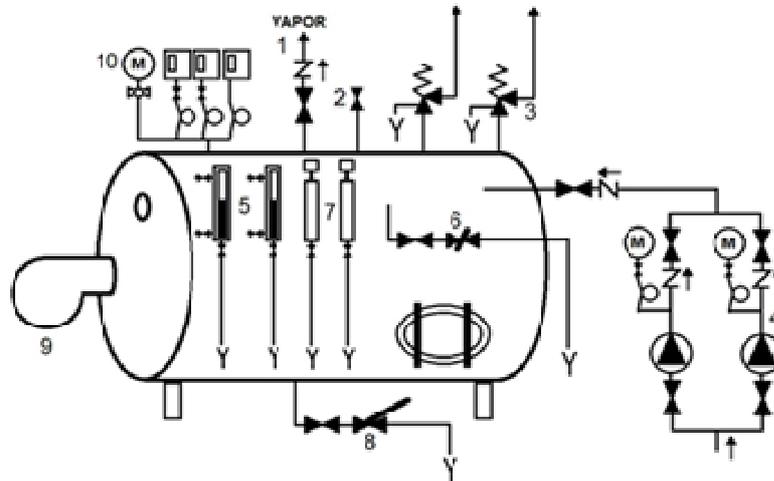
$$4,18 \text{ kJ/kcal} \cdot 10\,170 \text{ kcal/kg} \cdot 136,58 \text{ l/h} \cdot 0,82 \text{ kg/l} = 4\,761\,000 \text{ kJ/h}$$

*El rendimiento ( $\eta$ ) será el cociente entre la energía útil y la consumida:*

$$\eta = 4\,452\,876,5 / 4\,761\,000 = 0,93 \Rightarrow \text{Rendimiento del } 93 \%$$



## Problema 2



Válvula de saída de vapor -> 1  
Válvula de aireación -> 2  
Purga de lodos -> 8  
Purga de sales -> 6  
Sistema de alimentación de auga -> 4  
Válvula de seguridade -> 3  
Sondas de nivel -> 7  
Niveis de cristal -> 5  
Manómetro -> 10  
Queimador -> 9

*Válvula de salida de vapor -> 1*  
*Válvula de aireación -> 2*  
*Purga de lodos -> 8*  
*Purga de sales -> 6*  
*Sistema de alimentación de agua -> 4*  
*Válvula de seguridad -> 3*  
*Sondas de nivel -> 7*  
*Niveles de cristal -> 5*  
*Manómetro -> 10*  
*Queimador -> 9*



### Problema 3

1. É unha combustión con exceso de aire, xa que o parámetro  $\lambda$ , coeficiente de exceso de aire, ten un valor superior (1,85) ao valor recomendado para unha correcta combustión (1,45). O valor para o  $O_2$  é do 10 % polo que tamén supera o valor máximo recomendado (8 %), o que trae consigo que o  $CO_2$  teña un valor do 8 %, que estaría por debaixo do mínimo recomendado (10 %), sempre tendo en conta os datos achegados na táboa para unha combustión eficiente. O resto de parámetros estarían dentro dos rangos de valores recomendados para unha correcta combustión usando como combustible o Gasóleo C.

*Es una combustión con exceso de aire, ya que el parámetro  $\lambda$ , coeficiente de exceso de aire, tiene un valor superior (1,85) al valor recomendado para una correcta combustión (1,45). El valor para el  $O_2$  es del 10 % por lo que también supera el valor máximo recomendado (8 %), lo que conlleva que el  $CO_2$  tenga un valor del 8 %, que estaría por debajo del mínimo recomendado (10 %), siempre teniendo en cuenta los datos de la tabla para una combustión eficiente. El resto de parámetros estarían dentro de los rangos de valores recomendados para una correcta combustión utilizando como combustible Gasóleo C.*

2. O rendemento mellorará se a cantidade de osíxeno e dióxido de carbono están dentro dos rangos indicados na táboa. Isto conséguese diminuíndo a cantidade de exceso de aire:

- Axustando a clapeta do aire.
- Desprazando o cabezal de combustión.

*El rendimiento mejorará si la cantidad de oxígeno y de dióxido de carbono están dentro de los rangos indicados en la tabla. Esto se consigue disminuyendo la cantidad de exceso de aire:*

- Ajustando la clapeta del aire.
- Desplazando el cabezal de combustión.

### 3.

$$q_A = K_{\text{gasóleo}} \cdot (T_f - T_a) / [CO_2]$$

onde:

- $T_f$  = Temperatura de fumes
- $T_a$  = Temperatura ambiente
- $[CO_2]$  = Porcentaxe de  $CO_2$  nos fumes = 8 %
- $K_{\text{gasóleo}} = 0,495 - (0,00693 \cdot [CO_2]) = 0,495 - (0,00693 \cdot 8) = 0,43956$

Por tanto:

$$q_A = K_{\text{gasóleo}} \cdot (T_f - T_a) / [CO_2] = 0,43956 \cdot (210 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) / 8 = 10,4 \%$$

$$n_c = 100 - q_A - q_i = 100 - 10,4 - 0 = 89,6 \%$$

onde:

- $n_c$  = Rendemento da combustión
- $q_A$  = Porcentaxe de perdas por fumes
- $q_i$  = Porcentaxe de perdas por inqueimados



$$q_A = K_{\text{gasóleo}} \cdot (T_f - T_a) / [\text{CO}_2]$$

onde:

- $T_f$  = Temperatura de humos
- $T_a$  = Temperatura ambiente
- $[\text{CO}_2]$  = Porcentaje de  $\text{CO}_2$  en los humos = 8 %
- $K_{\text{gasóleo}} = 0,495 - (0,00693 \cdot [\text{CO}_2]) = 0,495 - (0,00693 \cdot 8) = 0,43956$

Por tanto:

$$q_A = K_{\text{gasóleo}} \cdot (T_f - T_a) / [\text{CO}_2] = 0,43956 \cdot (210 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) / 8 = 10,4 \%$$

$$n_c = 100 - q_A - q_i = 100 - 10,4 - 0 = 89,6 \%$$

onde:

- $n_c$  = Rendimiento de la combustión
- $q_A$  = Porcentaje de pérdidas por humos
- $q_i$  = Porcentaje de pérdidas por inquemados

## Problema 4

Algunhas das posibles causas serían:

*Algunas de las posibles causas serían:*

1. Filtro ou chiclé sucio / Presión no combustible baixa / Fallo na válvula magnética / Fotocélula sucia.

*Filtro o chiclé sucio/ Presión en el combustible baja / Fallo en la válvula magnética / Fotocélula sucia.*

2. Motor sobrecargado / Fusibles de calibre pequeno / Curtocircuíto / Exceso de voltaxe.

*Motor sobrecargado / Fusibles de calibre pequeño / Cortocircuito / Exceso de voltaje.*

3. Falta de tensión / Circuito de control aberto, conexións frouxas, cables eléctricos rotos,... / Fotocélula mal colocada ou averiada.

*Falta de tensión / Circuito de control abierto, conexiones flojas, cables eléctricos rotos,... / Fotocélula mal colocada o averiada.*

4. Eléctrodos sucios ou chiclé obturado / Fallo na bomba de combustible / Fallo de sonda fotoelétrica.

*Electrodos sucios o chiclé obturado/Fallo en la bomba de combustible/Fallo de sonda fotoeléctrica*

5. Fallo no servomotor hidráulico de apertura de aire da 2ª lapa / Fallo de bomba / Fallo de electroválvula da 2ª lapa / Fallo clapeta aire.

*Fallo en el servomotor hidráulico de apertura de aire de la 2ª llama / Fallo de bomba / Fallo de electroválvula de la 2ª llama / Fallo clapeta aire.*