

Bloque 1: ISO 50001 - Ejercicio práctico

En este ejercicio se presenta, de forma simplificada, una empresa de producción de productos cerámicos. El objetivo es que el alumno se familiarice con la aplicación de los conceptos vistos en este bloque a casos reales, buscando además la información que necesite para contestar las preguntas que aparecen al final de este documento. En el test del bloque aparecerán algunas cuestiones referentes a este ejercicio.

El caso es el siguiente:

La empresa Azulejos S.A. recibe la materia prima lista para su uso, por lo que no hay ningún consumo energético a la entrada de la planta. La arcilla y los esmaltes se guardan en un almacén exterior a la espera de transportarlos a los puntos de la planta donde se van a utilizar.

El primer paso consiste en dar forma a la arcilla. Para ello se transporta la cantidad necesaria a las prensas hidráulicas para el proceso de conformado, el cual implica un elevado consumo de energía eléctrica debido a los motores que accionan las prensas. Azulejos S.A. produce 3 formatos distintos, pero nunca de forma simultánea y en ciclos de producción de 1 mes por formato.

Una vez se ha dado forma a la arcilla, se introduce en los secaderos para reducir su contenido de agua mediante un flujo de aire caliente. En Azulejos S.A., el calor necesario para los secaderos se produce con una antigua caldera de gasoil.

Después de secar la pieza se le aplican las capas de esmalte necesarias para conseguir el diseño requerido. Para ello, las piezas avanzan por una cinta transportadora accionada por pequeños motores eléctricos y se vierte el esmalte sobre ellas.

La pieza conformada y esmaltada llega por fin al horno, donde se realiza su cocción. Mediante una serie de quemadores de gas natural dispuestos a lo largo del horno, se consigue un perfil de temperatura que modifica la microestructura de las piezas, dándoles las propiedades mecánicas y estéticas deseadas.

Finalmente, las piezas llegan a la zona de clasificación y embalaje, en la que Azulejos S.A. dispone de un conjunto automatizado que selecciona las piezas por formato y realiza el embalaje adecuado para cada una de ellos.

Conteste ahora a las siguientes preguntas:

1. Identifique los usos significativos de energía de Azulejos S.A.

Los usos más significativos de energía en esta planta de azulejos son: el consumo de gas en los hornos, el consumo de gasoil en los secaderos, el consumo de energía eléctrica en las prensas hidráulicas y el consumo eléctrico global de la planta.

2. Defina dos objetivos energéticos y sus planes de acción.

En primer lugar, sustituir la caldera de gasoil por un quemador de gas natural más eficiente.

En segundo lugar, cambiar los motores de las prensas por otros que cumplan la misma función pero con menos consumo, es decir, más eficientes.

También se podría optar por recuperar el calor de los gases del horno para los secaderos.

3. Proponga dos Indicadores del Desempeño Energético (IDEn).

Energía térmica del horno (kWh)/cantidad de azulejo cocido (m²).

Energía térmica del secadero (kWh)/cantidad de azulejo secado total (m²).

4. Establezca una Línea de Base Energética (LBE).

Energía térmica consumida para el formato MxN (kWh)/cantidad de formato MxN producido (m²) durante su ciclo de producción.

Energía térmica consumida (kWh)/cantidad de azulejo total (m²) durante tres meses de producción (1 mes por formato).

Bloque 2: Auditorías energéticas - Ejercicio práctico

OBJETIVO: Evaluar el consumo energético del sistema de iluminación de un edificio de despachos y proponer actuaciones de ahorro energético en el sistema.

Con este ejercicio se pretende que el alumno adquiriera la capacidad de buscar por sí mismo en las fuentes adecuadas la información necesaria para su realización. En cualquier caso el peso en el cuestionario de las preguntas relativas a ese ejercicio es reducido.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Se trata de un edificio docente de 4 plantas cuyo uso está destinado básicamente a despachos de profesores. Cada planta dispone de los siguientes espacios:

ESPACIO	NÚMERO	DIMENSIONES
Despacho	40	3,5×3,5 m
Seminario	4	7×3,5 m
Pasillo	2	30×2 m
Aseo	4	4×3,5 m

El uso actual de la iluminación es el siguiente:

- La ocupación media diaria de los despachos es de 6 h en días laborables y no hay ocupación en días festivos. Considere que en el año hay 230 días laborables.
- La ocupación media diaria de los seminarios es de 2 h en días laborables y no hay ocupación en días festivos.
- La iluminación de los pasillos y aseos está conectada de forma continua de 8:00 h a 21:00 h en días laborables y desconectada en días festivos.

Todos los espacios se iluminan mediante lámparas de vapor de mercurio baja presión (tubos fluorescentes) de 36 W que utilizan balasto convencional electromagnético.

Cada espacio dispone de los elementos de iluminación indicados en la siguiente tabla. Se han medido también los valores de iluminancia media en cada uno de los espacios.

ESPACIO	LUMINARIA/LÁMPARAS	ILUMINANCIA MEDIA (lux)
Despacho	1 luminaria para 4 tubos de 36 W	550
Seminario	2 luminarias para 4 tubos de 36 W	550
Pasillo	8 luminarias para 2 tubos de 36 W	250
Aseo	2 luminarias para 4 tubos de 36 W	250

Las luminarias de 4 tubos son marca Philips modelo TBS160 4xTL-D36W/840 HFS C6-1000 PI.

Las luminarias de 2 tubos son marca Philips modelo TBS160 2xTL-D36W/840 HFS C6-1000 PI SC.

Las lámparas son marca Philips modelo MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL/25

Responda a las siguientes cuestiones:

1. Estime el consumo energético anual en kWh del sistema de iluminación del edificio.

Para obtener el consumo energético anual en kWh del sistema de iluminación del edificio, se deberá tener en cuenta las siguientes ecuaciones:

$P(W) = N^{\circ}Lum \times N^{\circ}tubos \text{ en Lum} \times \text{Potencia (W)}$, donde P es la potencia que consumen las lámparas

$Ed (Wh) = P \times t(h)$, donde t es el tiempo

$Etd (Wh) = N^{\circ} \text{Espacios} \times Ed$

$Eta (kWh) = Etd \times \text{Días laborables}$

$Ete(kWh) = Eta \times N^{\circ} \text{plantas}$

$N^{\circ}LUM$ son los lúmenes emitidos por las lámparas elegidas

$Ed (Wh)$ es la energía diaria consumida por cada espacio

$Etd (Wh)$ es la energía diaria consumida por todos los espacios

$Eta (kWh)$ es la energía anual consumida por todos los espacios

$Ete (kWh)$ es la energía anual consumida por el edificio

La aplicación de dichas ecuaciones junto con los datos del enunciado se tiene:

	P(W)	E diaria (Wh)	E Total Diaria (Wh)	
Despacho	144	864	34560	
Seminario	288	576	2304	
Pasillo	576	7488	14976	
Aseo	288	3744	14976	
			66816	TOTAL (Wh)
			66,816	TOTAL (kWh)

E Total Anual (kWh)	E Total Edificio (kWh)
15367,68	61470,72

Por lo tanto el consumo energético anual en kWh del sistema de iluminación del edificio es de 61470,72 kWh.

2. En la legislación española, el Código Técnico de la Edificación establece unos valores límite para la eficiencia energética de los sistemas de iluminación en edificios. Para ello se define el VEEI (Valor de Eficiencia Energética de la Instalación). Averigüe la expresión necesaria para calcular dicho valor y determine su valor para el caso de uno de los despachos indicando si cumple con el límite exigido.

Se ha seleccionado para el cálculo de VEEI un despacho cuya fórmula es:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times Em} = \frac{(4 \times 36) \times 100}{(3,5 \times 3,5) \times 550} = 2,13$$

Donde:

- P: la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W]
- S: la superficie iluminada [m²]
- Em: la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

Según el CTE, el VEEI para la eficiencia energética de los sistemas de iluminación en edificios tiene como límite 3,5. Por lo tanto para despacho (espacio calculado) **sí** cumple.

3. Plantee diferentes métodos de ahorro energético para el sistema de iluminación del edificio.

- Sustituir los tubos fluorescentes por lámparas LED.
- Sustituir los balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.
- Utilizar detectores de presencia

4. Evalúe de forma aproximada el ahorro energético porcentual que se podría conseguir si se sustituyeran los balastos electromagnéticos convencionales por balastos electrónicos.

Los balastos electrónicos permiten reducir el consumo de energía de los tubos fluorescentes en un promedio de 20-25 % para los mismos niveles de flujo luminoso que con un balasto electromagnético.

5. Evalúe de forma aproximada el ahorro energético porcentual que se podría conseguir si se sustituyeran las lámparas de vapor de mercurio por tubos con lámparas LED que den el mismo flujo luminoso.

El ahorro energético porcentual que se podría conseguir si se sustituyesen las lámparas de vapor de mercurio por tubos con lámparas LED que den el mismo flujo luminoso **está** en torno al 50%.

Bloque 3: Conceptos de Sistemas de Monitorización y Telecontrol - Ejercicio práctico

En este ejercicio se continúa con el ejercicio práctico de la empresa de producción de productos cerámicos planteado en el bloque 1. El objetivo es que el alumno se familiarice con la aplicación de los conceptos vistos en este bloque relativos a los sistemas de monitorización y telecontrol. En el test del bloque aparecerán algunas cuestiones referentes a este ejercicio.

El caso, tal como se describe en el ejercicio práctico, es el siguiente:

La empresa Azulejos S.A. recibe la materia prima lista para su uso, por lo que no hay ningún consumo energético a la entrada de la planta. La arcilla y los esmaltes se guardan en un almacén exterior a la espera de transportarlos a los puntos de la planta donde se van a utilizar.

El primer paso consiste en dar forma a la arcilla. Para ello se transporta la cantidad necesaria a las prensas hidráulicas para el proceso de conformado, el cual implica un elevado consumo de energía eléctrica debido a los motores que accionan las prensas. Azulejos S.A. produce 3 formatos distintos (formato 1, 2 y 3).

Una vez se ha dado forma a la arcilla, se introduce en los secaderos para reducir su contenido de agua mediante un flujo de aire caliente. **La caldera de gasoil de la que se disponía en Azulejos S.A. para producir el calor necesario para los secaderos, se ha sustituido por una instalación de conductos de transporte de aire caliente producido a partir de gas natural, por tratarse de un proceso más eficiente.**

Después de secar la pieza se le aplican las capas de esmalte necesarias para conseguir el diseño requerido. Para ello, las piezas avanzan por una cinta transportadora accionada por pequeños motores eléctricos y se vierte el esmalte sobre ellas.

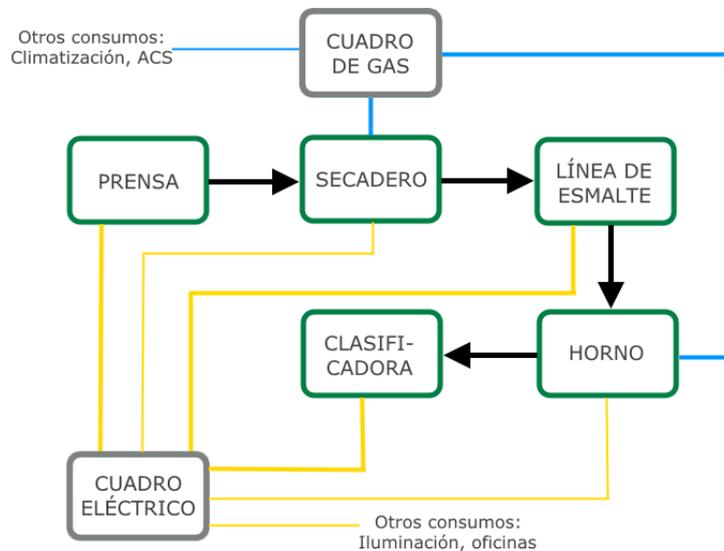
La pieza conformada y esmaltada llega por fin al horno, donde se realiza su cocción. Mediante una serie de quemadores de gas natural dispuestos a lo largo del horno, se consigue un perfil de temperatura que modifica la microestructura de las piezas, dándoles las propiedades mecánicas y estéticas deseadas.

Finalmente, las piezas llegan a la zona de clasificación y embalaje, en la que Azulejos S.A. dispone de un conjunto automatizado que selecciona las piezas por formato y realiza el embalaje adecuado para cada una de ellos.

La empresa tiene, por tanto, dos fuentes de abastecimiento energético: electricidad y gas natural. El suministro de electricidad es trifásico en baja tensión (400V de tensión de línea) con un cuadro general del que salen cuatro líneas: una para las prensas, otra para la zona de esmaltado, otra para el resto de procesos de producción (secadero, horno y zona de embalaje) y una última para el alumbrado de la nave y la zona de oficinas. El cuadro dispone de un contador general de compañía que cuenta con un puerto óptico para la medida del consumo.

En cuanto al suministro de gas, éste se produce a través de un cuadro que dispone de un contador de baja presión. A la salida del contador, el suministro se bifurca en tres tuberías: una para el secadero, otra para el horno y una tercera para otros consumos (climatización).

En la siguiente figura se esquematiza el proceso productivo y el abastecimiento energético de los procesos:



Por último, la empresa dispone de un sistema informático ERP que le permite conocer en detalle el estado de su proceso de producción. Entre otras cosas, se tiene como información accesible los intervalos de tiempo en los que se tiene cada uno de los formatos posibles en cada uno de los procesos: prensa, secadero, esmaltado, horno y clasificación y embalaje. Por ejemplo, se puede saber que en el secadero hubo piezas de formato 1 entre las 9:00 y las 17:00, o que en el horno hubo piezas de formato 3 entre las 12:00 y las 23:00.

El objetivo del ejercicio práctico es plantear sistemas de monitorización y telecontrol adecuados, enumerando todos los elementos que debería incorporar al sistema de monitorización más sencillo que se le ocurra para alcanzar los objetivos propuestos para cada una de las situaciones que se plantean.

1. El gerente de Azulejos S.A. conoce al gerente de Baldosas S.L., empresa del sector con el mismo proceso productivo. Este le ha informado que su proceso de producción tiene un consumo medio diario de gas de $2,5 \text{ kWh/m}^2$ (considerando el poder calorífico superior del gas). Proponga un sistema de monitorización para analizar si el consumo de gas de Azulejos S.A. es inferior o superior.

A través de un contador de pulsos conectado al contador de gas, se envía la señal a un corrector electrónico de volumen. Se colocarían también sondas de presión y temperatura en la tubería de gas, conectadas de nuevo al corrector electrónico de volumen. Por medio de una pasarela modbus/Ethernet y desde internet, se lee el volumen normalizado cuando se empieza a producir el formato 1 y cuando se termina se realiza de nueva la lectura.

- Para el caso anterior, el gerente de Azulejos S.A. en lugar de instalar un sistema que incluya medición de presión, simplemente incluye un medidor de volumen. El 01/04/16 realiza la primera medida en el sistema y comprueba que, para producir una total de 1000 m² de azulejos ha consumido 250 m³ de gas (volumen bruto). Sabiendo que la localidad en la que se encuentra Azulejos S.A. es Castellón de la Plana y suponiendo que la presión del gas suministrado es de 20 mbar, determine si su consumo de gas por m² es mejor o peor que el de su competidor.

Nota: Es necesario consultar la información ofrecida por el gestor técnico del sistema en:

http://www.enagas.es/enagas/es/Gestion_Tecnica_Sistema/CalidadGas/CalidadGasMunicipio

Se comprueba la información de Enagas para Castellón el 1 de abril:

Castellón de la Plana/Castelló de la Plana (Castellón) Altitud 27 m										
Fecha	PCS diario	PCS mensual	PCS bimestral	PCI	Densidad relativa	N ₂	CO ₂	Presión	Factor de corrección (Fc)	Factor de conversión (Fc)
	kWh/m ³ (N)	kWh/m ³ (N)	kWh/m ³ (N)	kWh/m ³ (N)		%molar	%molar	mbar	m ³ (N)/m ³	kWh/m ³
01-abr-2016	12,054	11,945	11,898	10,871	0,6167	0,5033	0,0229	20	0,9806	11,82
								22	0,9825	11,843
								50	1,0091	12,164
								55	1,0139	12,222
								100	1,0567	12,737
								150	1,1043	13,311

Se calcula el consumo en kWh:

$$250 \cdot 0,9806 \cdot 12,054 = 2955,04 \text{ kWh}$$

Finalmente se calcula el indicador: $2955,04/1000 = 2,96 \text{ kWh/m}^2$

A la vista de los resultados se obtiene que es peor que Baldosas S.L.

- El gerente de Azulejos S.A. sospecha que, cuando se están produciendo piezas del formato 2, el consumo eléctrico de la prensa es muy elevado debido a la configuración que es necesario realizar de ésta. Proponga un sistema de monitorización que permita un análisis detallado de este consumo para decidir si debe modificarse la política de precios del formato en cuestión.

Se incluye un medidor parcial de energía eléctrica en la línea de prensa, con pasarela Modbus/Ethernet. Desde internet, se lee el consumo de energía activa antes de empezar con el formato 2 y después de terminar, para calcular el consumo medio.

- Para el caso anterior, junto a otros elementos que puedan necesitarse, se escoge un medidor parcial de energía eléctrica que proporciona la siguiente información:

Precisión de la medida	Clase 1
Medición de tensión	480V CA TT directo o externo

El fabricante, además, tiene en su catálogo transformadores de medida de intensidad de calibres: 40 A, 50 A, 100 A, 150 A, 200 A, 250 A, 300 A, 400 A, 500 A, 800 A, 1000 A, 1250 A, 2000 A y 2500 A.

Determine el transformador de intensidad necesario si, de acuerdo a la información del fabricante, la prensa tiene una potencia nominal de 200 kW y un factor de potencia de 0,8.

Referencias					
Relación I _s /5 A	Potencia (VA)			Cable aislado Diámetro máximo (mm) ⁽¹⁾	Sección máxima (mm ²) ⁽²⁾
	Clase de precisión				
	0,5	1	3		
40 A	-	-	1	21	120
50 A	-	1,25	1,5	21	120
75 A	-	1,5	2,5	21	120
100 A	2	2,5	3,5	21	120
125 A	2,5	3,5	4	21	120
150 A	3	4	5	21	120
	1,5	5,5	6,5	22	150
200 A	4	5,5	6	21	120
	4	7	8,5	22	150
	-	2	5	-	-
250 A	6	9	11	22	150
	2,5	5	8	35	240
	1	4	6	-	-
300 A	7,5	11	13,5	22	150
	4	8	12	35	240
	1,5	6	7	-	-
400 A	10,5	15	18	22	150
	8	12	15	35	240
	4	8	10	-	-
500 A	12	18	22	22	150
	10	12	15	35	240
	2	4	6	-	-
	8	10	12	-	-
600 A	14,5	21,5	26	22	150
	4	6	8	-	-
	8	12	15	-	-
800 A	12	15	20	-	-
1.000 A	15	20	25	-	-
1.250 A	15	20	25	-	-
	12	15	20	-	-
	8	12	-	-	-
1.500 A	20	25	30	-	-
	15	20	25	-	-
	10	15	-	-	-
2.000 A	15	20	-	-	-
2.500 A	20	25	-	-	-
	30	50	60	-	-

$$I = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 360,8 \text{ A}$$

El transformador que se adapta mejor a estas condiciones es el de 400 A

5. Azulejos S.A. pretende implantar un SGE en su planta. Proponga una estructura para el sistema de monitorización teniendo en cuenta que quieren obtenerse, al menos, los siguientes indicadores de desempeño energético:
- Consumo de gas por metro cuadrado para cada tipo de formato en secadero.
 - Consumo de gas por metro cuadrado para cada tipo de formato en horno.
 - Consumo eléctrico por metro cuadrado para cada tipo de formato en prensa.
 - Consumo eléctrico por metro cuadrado para cada tipo de formato en esmaltado.

- Medidor parcial de gas para el secadero.
- Corrector electrónico de volumen, con sondas de presión y temperatura, para el secadero.
- Medidor parcial de gas para el horno.
- Corrector electrónico de volumen, con sondas de presión y temperatura, para el horno.
- Medidor parcial de energía eléctrica para la prensa.
- Medidor parcial de energía eléctrica para la línea de esmaltado.
- Datalogger.

Bloque 4: Aplicaciones sistemas de monitorización y telecontrol

Ejercicio práctico

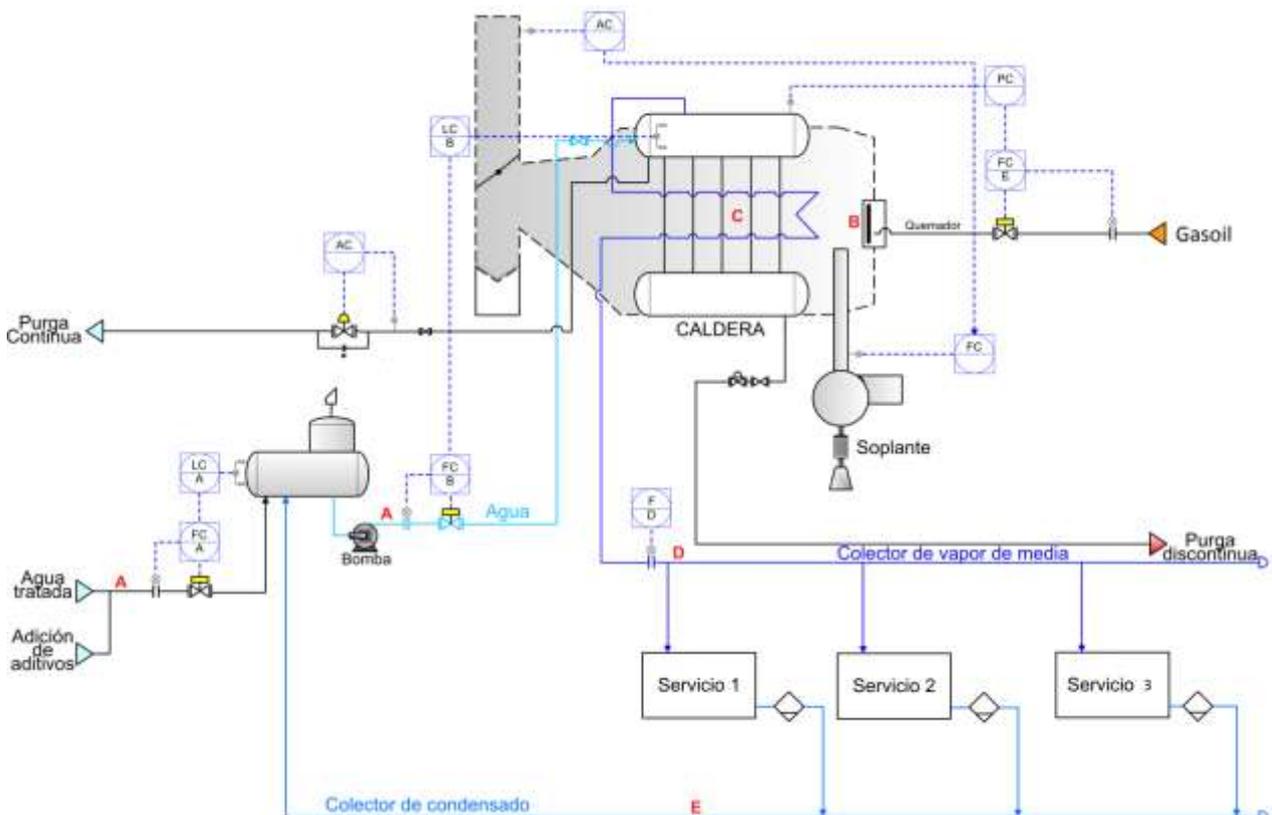
OBJETIVO: Plantear una solución de monitorización para un sistema de generación y distribución de vapor.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una industria química dispone de un sistema de generación y distribución de vapor de agua a tres procesos de fabricación (servicios) de la planta que requieren energía térmica. Se utiliza una caldera de vapor que genera vapor a 12 bar y tiene una producción constante de 20 t/h. Los servicios consumen respectivamente 10, 5 y 5 t/h. La caldera se alimenta con gasoil.

Los responsables de la instalación están preocupados por el elevado consumo energético de la caldera por lo que desean analizar el rendimiento de todo el sistema y detectar en qué partes del sistema se producen las mayores pérdidas energéticas. Para ello plantean instalar un sistema de monitorización que les permita conocer la energía térmica suministrada en diferentes puntos del sistema.

En la siguiente figura puede apreciar el esquema general del sistema de generación y distribución de vapor y los componentes que lo forman:

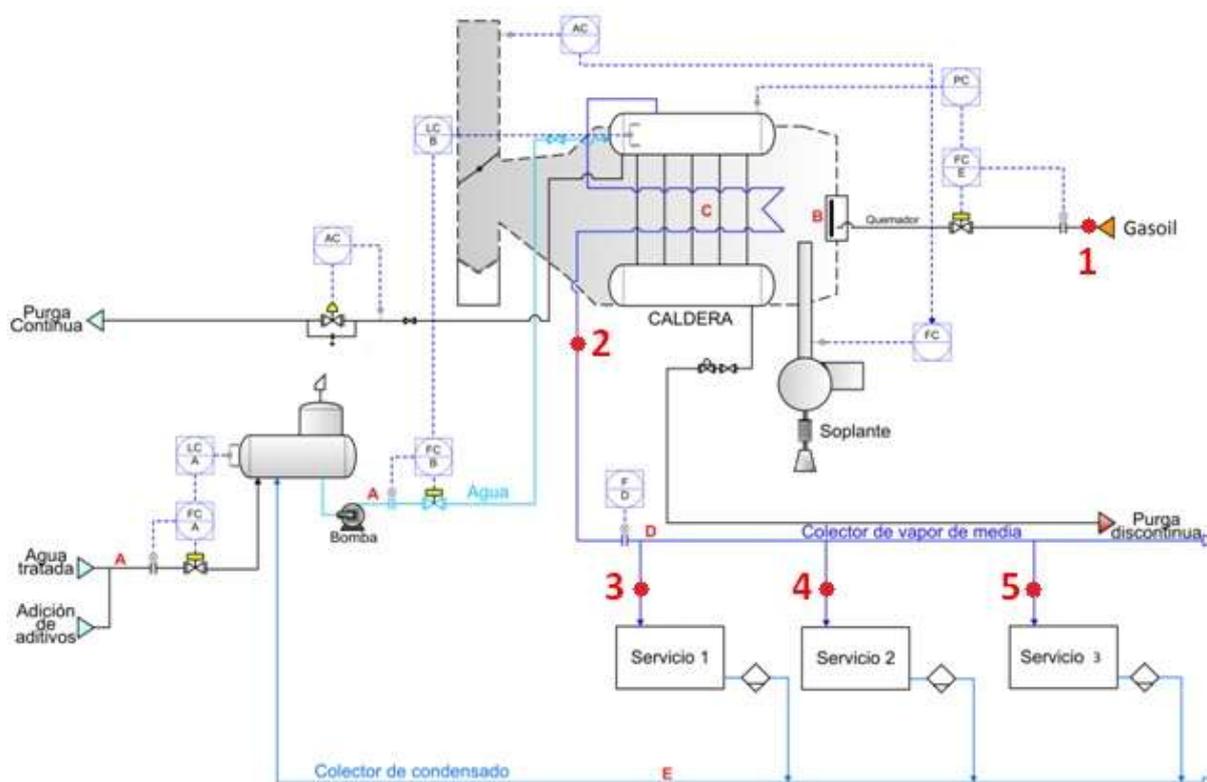


A) Sistema de alimentación y tratamiento del agua para la caldera. Compuesto por todos los elementos necesarios para realizar el suministro de agua a la caldera bajo las condiciones adecuadas al sistema de vapor.

- B) Quemadores.** Realizan el proceso de combustión entre el aire y el combustible fósil.
- C) Caldera.** Es en el hogar de la caldera donde se realiza la transformación del agua en estado de saturación a vapor.
- D) Sistema de distribución del vapor.** Consiste en una serie de tubos denominados "cabezales y ramales de vapor", que permiten llevar el vapor a los puntos donde el proceso lo requiere en la cantidad demandada.
- E) Sistema de retorno de condensado.** Está formado por una serie de tubos denominados "cabezales y ramales de condensado" que devuelve al sistema de generación parte del agua que se ha condensado en el proceso. Esta agua, de gran valor por su pureza, se retorna al sistema con un tratamiento previo. Es muy recomendable la instalación de este sistema ya que evita una gran cantidad de pérdidas de agua y de energía. Los elementos encargados de extraer el condensado de la red de vapor son los llamados purgadores de vapor. Estos elementos se caracterizan por tener una tasa de fallo de entre el 15 y el 20 %.

Analice las siguientes cuestiones:

6. Plantee en qué puntos del sistema se deberían realizar medidas, de qué tipo y qué elementos de medida utilizaría para ello.



-En el punto 1 Energía del combustible. El equipo necesario es un caudalímetro para medir el consumo de combustible.

-En el punto 2 Energía térmica en forma de vapor a la salida de la caldera. Los equipos necesarios son caudalímetro para medir caudal de vapor, sonda de temperatura, sonda de presión y calorímetro.

-En los puntos 3, 4 y 5 Energía térmica en forma de vapor a la entrada de los servicios. Los equipos necesarios son los mismos que en el punto 2.

7. A partir de las medidas tomadas, ¿cómo definiría el rendimiento energético de todo el sistema?

-Energía térmica consumida en los servicios/ Poder calorífico del combustible.

8. Plantee diferentes causas que puedan provocar un rendimiento energético bajo de todo el sistema. En otras palabras, ¿qué factores pueden provocar que se produzcan pérdidas de energía en el sistema?

- Mala combustión en la caldera por falta de aire, quemador en mal estado, etc.
- Pérdidas de calor en el sistema de distribución del vapor por mal aislamiento.
- Fallo de los purgadores de vapor.

9. Antes de acometer inversiones en posibles mejoras de la eficiencia energética, se desea estudiar si son más importantes los problemas relativos al funcionamiento de la caldera o los relativos al sistema de distribución de vapor. Con los elementos de medida que ha propuesto, plantee posibles indicadores de desempeño para determinarlo.

Energía térmica consumida en los servicios (kWh)/Energía térmica a la salida de la caldera

Energía térmica a la salida de la caldera (kWh)/Poder calorífico del combustible

10. ¿Cree que sería necesario o, al menos, importante, medir la temperatura del combustible a la entrada de la caldera?

La densidad del gasoil varía poco con la temperatura. Por ejemplo, para una variación de temperatura de entre 15 y 20 °C, la variación del volumen del combustible es inferior al 1 % por lo que, salvo que se requieran precisiones en la medida del consumo de combustible superiores al 1 % no sería necesario medir la temperatura del combustible.