

USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

**Optimización de Sistemas de Generación de vapor
para el ahorro energético.**

Ing. Jose Luis Froján

www.saacke.de

INTRODUCCIÓN

Procedimiento

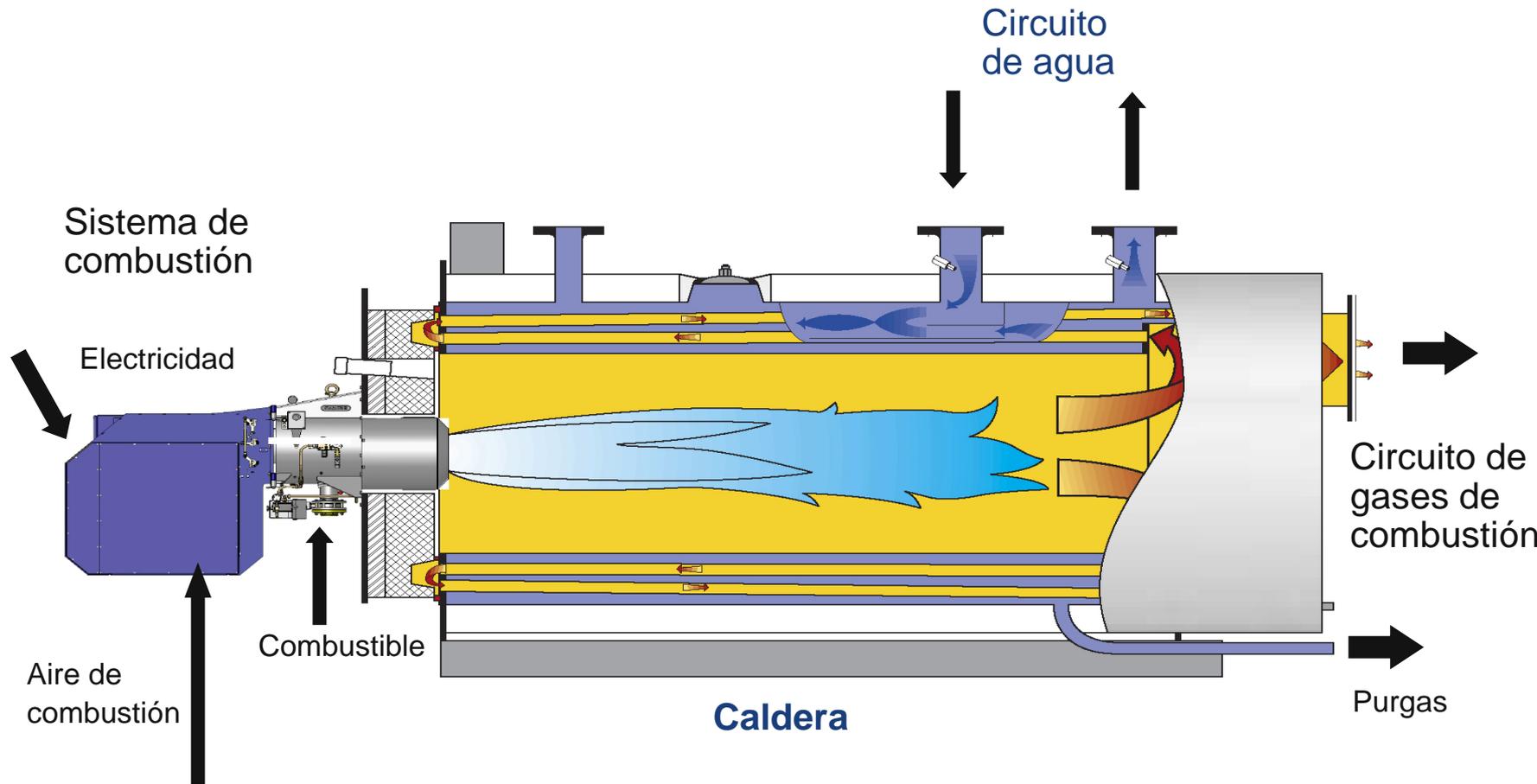
- Entender el CONCEPTO DE EFICIENCIA
- Diagnosticar el caso particular
- Analizar posibles acciones
- Aplicar las mejoras

Eficiencia Concepto



Eficiencia

Esquema de una caldera



Eficiencia

Perdidas de energía, que la afectan

Pérdidas = Energía desaprovechada

- Calor perdido por radiación
- Calor no aprovechado debido a mala transferencia térmica
- Combustible sin quemar (mala combustión)
- Mal aprovechamiento de la energía eléctrica aportada
- Calor perdido a través de las purgas

Eficiencia

Factores que afectan

- Mal diseño o selección
- Mal ajuste del sistema de combustión
- Mala transferencia térmica
- Mala/deterioro aislación térmica
- Mal aprovechamiento de la energía eléctrica
- Excesivas purgas de agua

Eficiencia

¿Como detectar las pérdidas?

- Analizando la producción real de la caldera
- Analizando las pérdidas por chimenea
- Analizando el consumo de la energía eléctrica vs carga
- Analizando el estado de la aislación térmica
- Analizando la frecuencia de las purgas de agua

Pérdidas por radiación consideraciones:

Proporcionales al recubrimiento y temperaturas

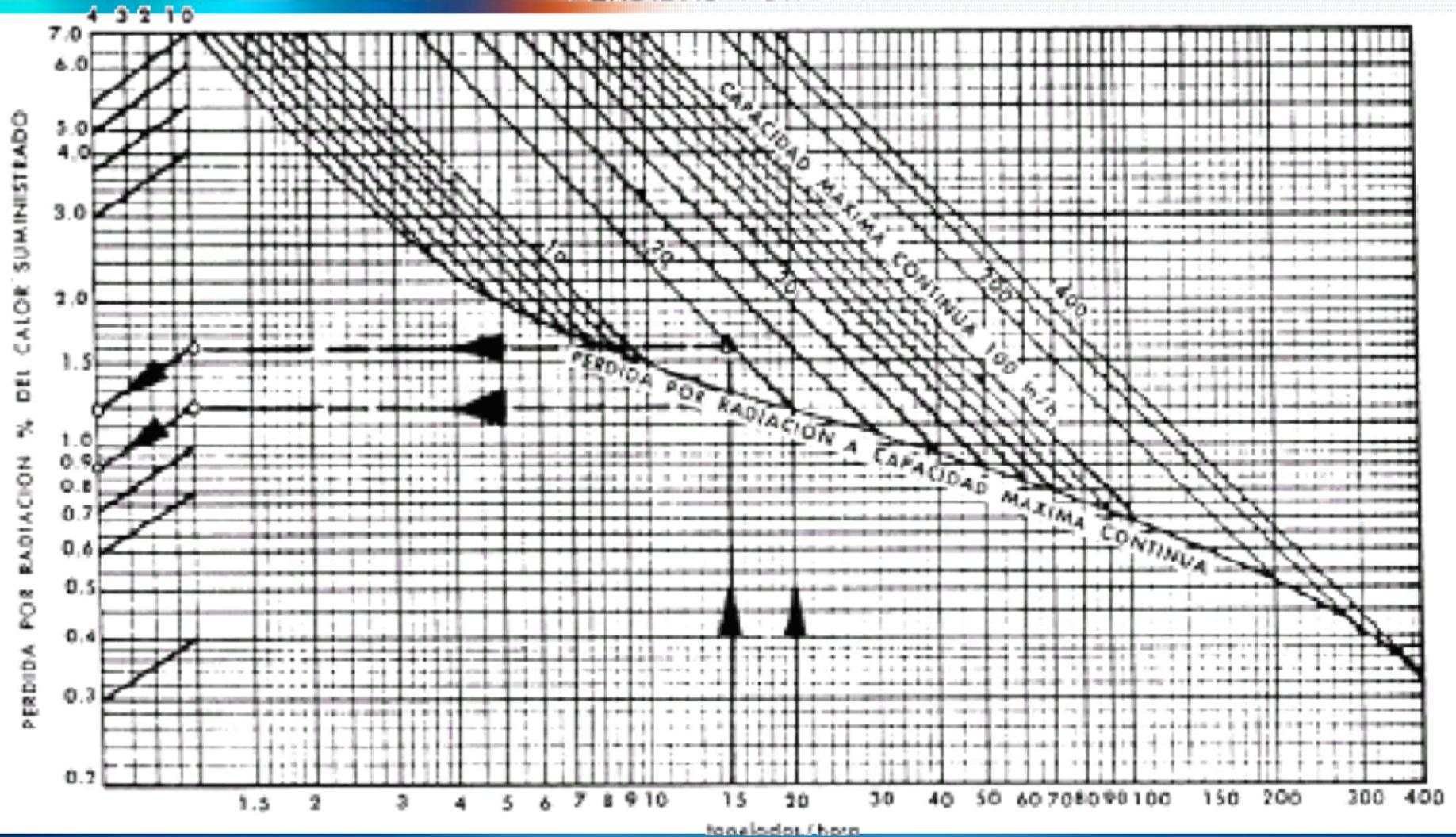
- Recomendado:

Temperaturas menores a 60 c

Efectuar termografías



Pérdidas por radiación En calderas, según AMBA



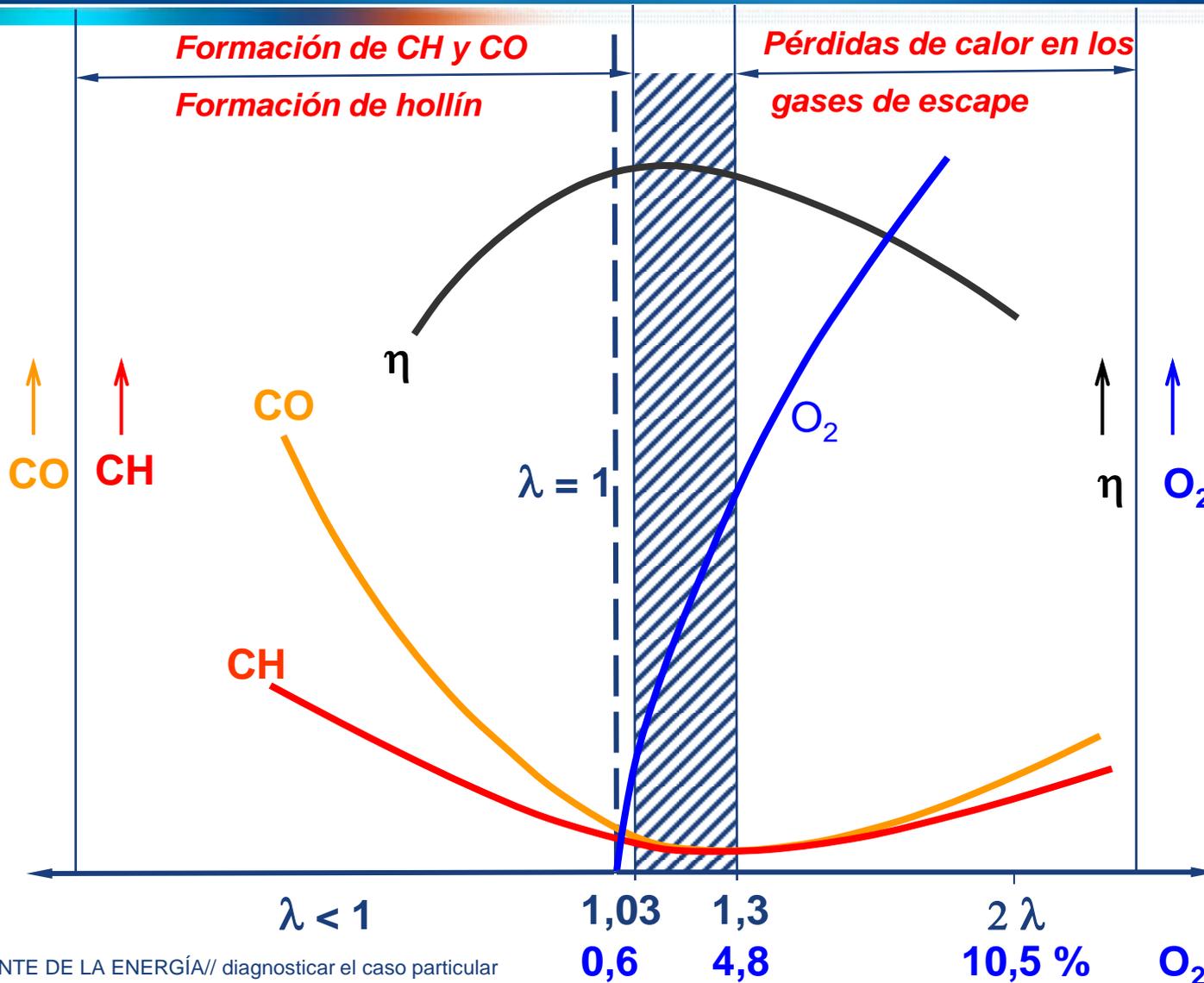
Pérdidas a través de la chimenea consideraciones:

Proporcionales al caudal de gases y temperatura

- Mala transferencia térmica
- Exceso de aire
- Combustible sin quemar^(*)

Exceso de aire

Comportamiento de la combustión en función de λ



Exceso de aire

Su incidencia en la caldera

- ❖ Incorpora una masa inerte.
- ❖ Enfría la llama.
- ❖ Genera CO y/o combustible inquemado durante la combustión.
- ❖ Mayor polución en forma de CO₂ , CO y hollín.

Exceso de aire

Ejemplo para ponderar las pérdidas

*Caldera con un consumo de 1.000 Nm³/h
(12t/h@12 bar; $\eta_{PCI}= 84\%$; agua a 100 c)*

Exceso de aire de 40 % ($\lambda = 1,4$ es decir, aprox. 6,45 % de O₂)

Asumiendo combustión completa (CO = 0)

Temperatura de aire de combustión= 20 c

Temperatura de gases de escape= 300 c

Exceso de aire

Ejemplo para ponderar las pérdidas

Caudal de aire ideal para la combustión:

$$G_a = R_e * G_g$$

$$G_a = 9,75 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 * 1.000 \text{ Nm}^3/\text{h} =$$

Aire mínimo deseado (ejemplo Gas natural):

$$G_a = R_e * G_g * 1,10$$

$$G_a = 9,75 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 * 1.000 \text{ Nm}^3/\text{h} * 1,10 =$$

En la práctica :

$$G_a = R_e * G_g * \lambda$$

$$G_a = 9,75 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 * 1.000 \text{ Nm}^3/\text{h} * 1,4 =$$

Entonces:

$$G_{ap} = R_e * G_g * (\lambda - 1,10) \quad G_{ap} = 9,75 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3 * 1.000 \text{ Nm}^3/\text{h} * (1,40 - 1,10) =$$

$$Q_p = G_{ap} * C_e * (t_{as} - t_a) \quad Q_p = 2.925 \text{ Nm}^3/\text{h} * 0,31 \text{ kcal}/\text{Nm}^3 \text{ c} * (300 \text{ c} - 20 \text{ c}) =$$

$$G_{gp} = Q_p / P_{cg} \quad G_{gp} = 253.890 \text{ Kcal}/\text{h} / 8.450 \text{ Kcal}/\text{Nm}^3 =$$

$$G_{gp} = 30,04 \text{ Nm}^3 / \text{h} \quad \Rightarrow \mathbf{3.0 \%}$$

Exceso de aire

Resumiendo

- Pérdida de dinero
- Aumento de la contaminación

Exceso de aire

Factores que afectan para tener el ideal

- Condiciones de diseño
- Ajuste de los quemadores
- Correcto mantenimiento

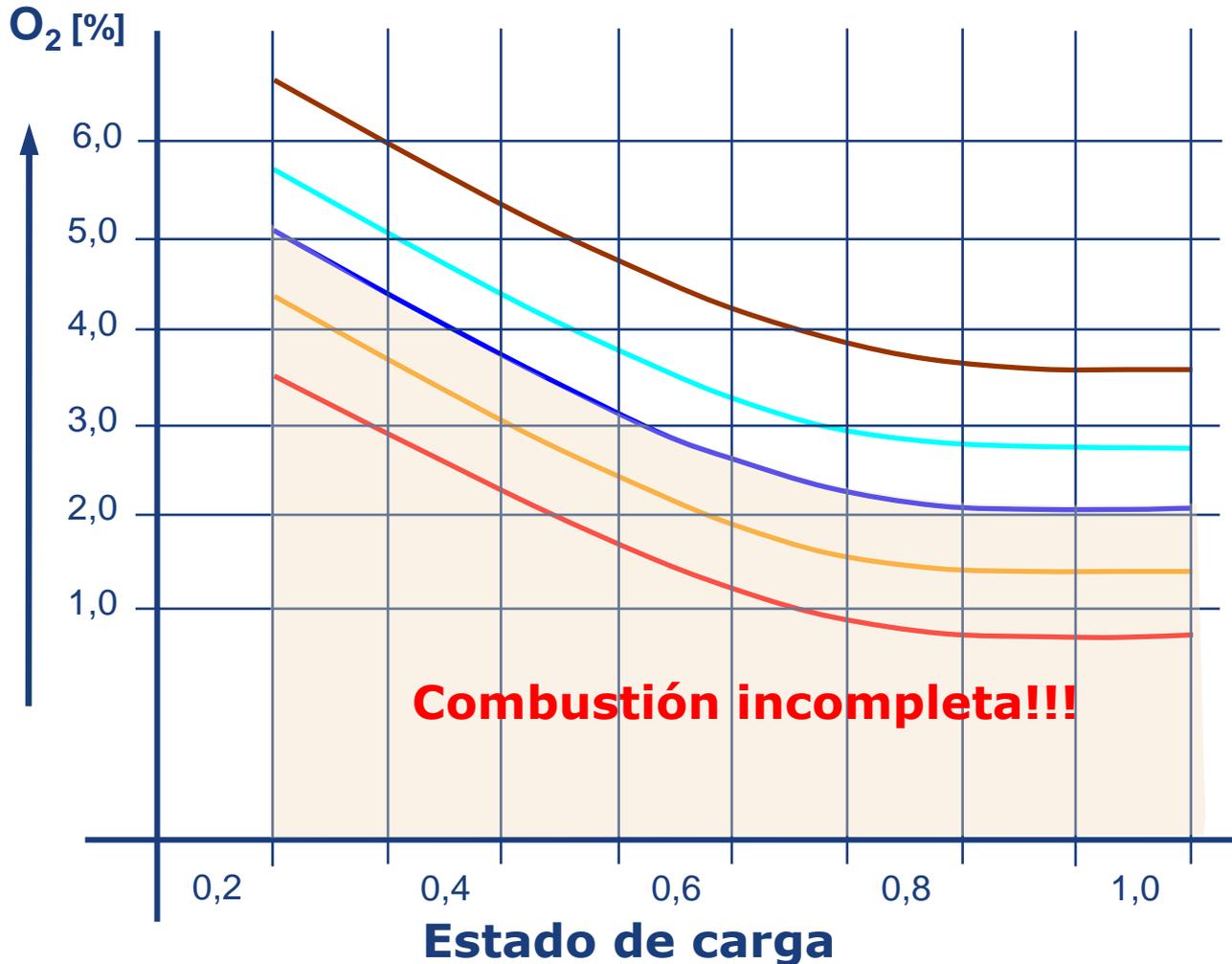
Exceso de aire

Valores razonables de λ

- Para combustibles sólidos $\lambda < 1, 50 \%$
- Para combustibles líquidos $\lambda < 1, 15 \%$
- Para combustibles gaseosos $\lambda < 1, 10 \%$

Exceso de aire

Variaciones por diversos factores



Referencias:

1 Aire a 0 C

2 Presión atmosf.+25 mbar.

3 Normal (20 C y 1.013 mbar)

4 Presión atm. (-25) mbar

(límite para la formación de hollín).

5 Aire a 40 C

Exceso de aire "Variables" que afectan:

- **En el aire:** La temperatura, la presión, la humedad.
- **En el combustible:** La composición, la temperatura, la viscosidad, la densidad, las fluctuaciones de presión del Combustible.
- **Por contaminación:** Suciedad en la caldera,
Suciedad en el Sistema de Combustión
- **Sistemas mecánicos:** La histéresis mecánica (juegos muertos)

Exceso de aire

Ponderación de las pérdidas/eficiencia.

Según la fórmula de Siegert

$$q_A = (t_A - t_L) \left[\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right] \quad [\%]$$

$$\eta_F = 100 - q_A$$

$$q_A = \text{pérdida}$$

Coefficientes de Siegert

● para el Gas Natural	A= 0,66	B= 0,009
● para el Diesel Oil	A= 0,68	B= 0,007
● para el Fuel Oil	A= 0,69	B= 0,007

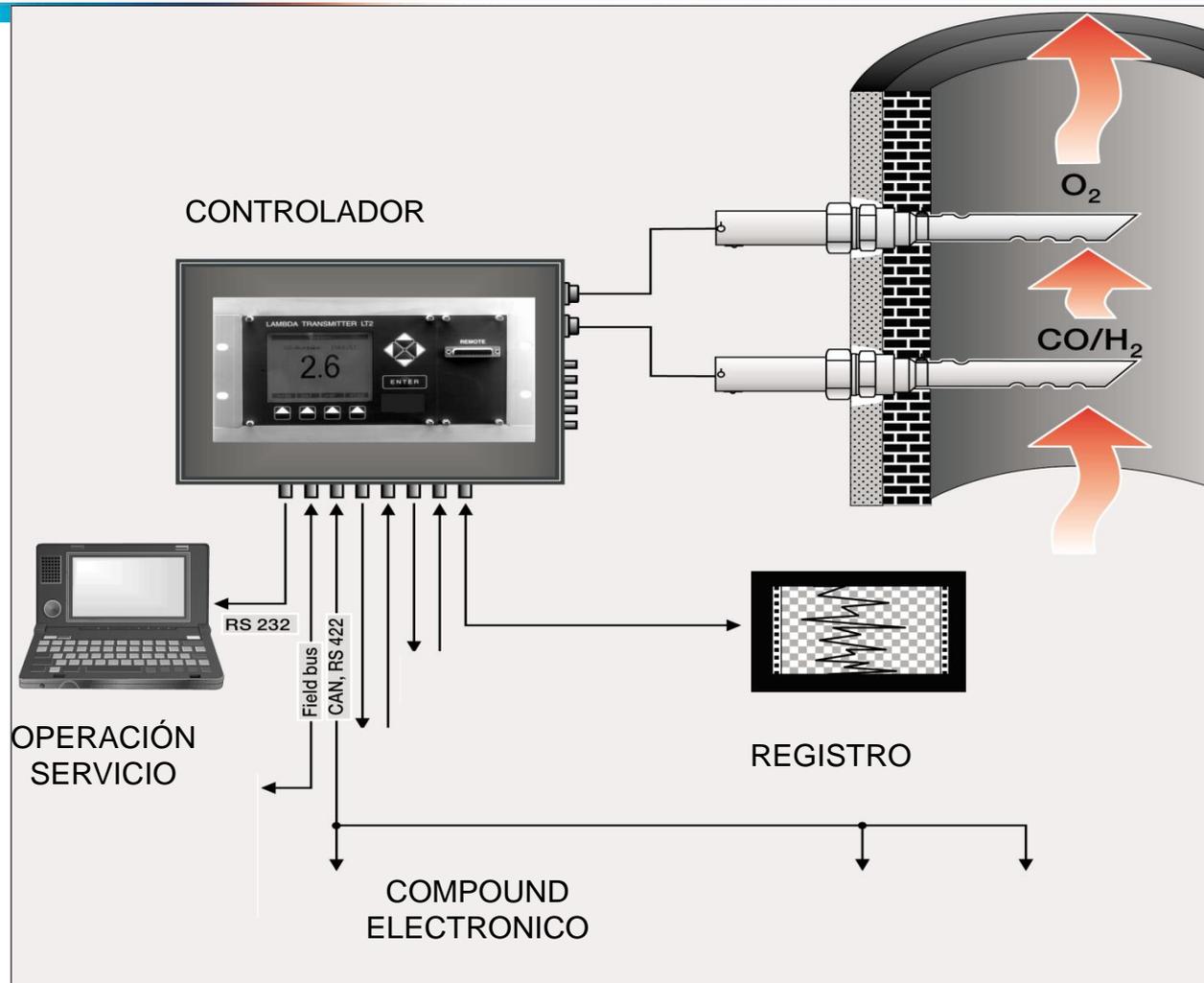
Exceso de aire

Acciones a tomar para disminuirlo

- ❖ Eliminar juegos muertos en varillajes que producen histéresis.
- ❖ Ajustar la combustión según lo explicado, de acuerdo a los límites de la instalación. Evaluar si conviene reemplazarlo.
- ❖ Efectuar chequeos periódicos
- ❖ Evaluar reemplazo de varillajes mecánicos por control electrónico.
- ❖ Evaluar corrección automática por medición de gases (O_2 y/o CO).

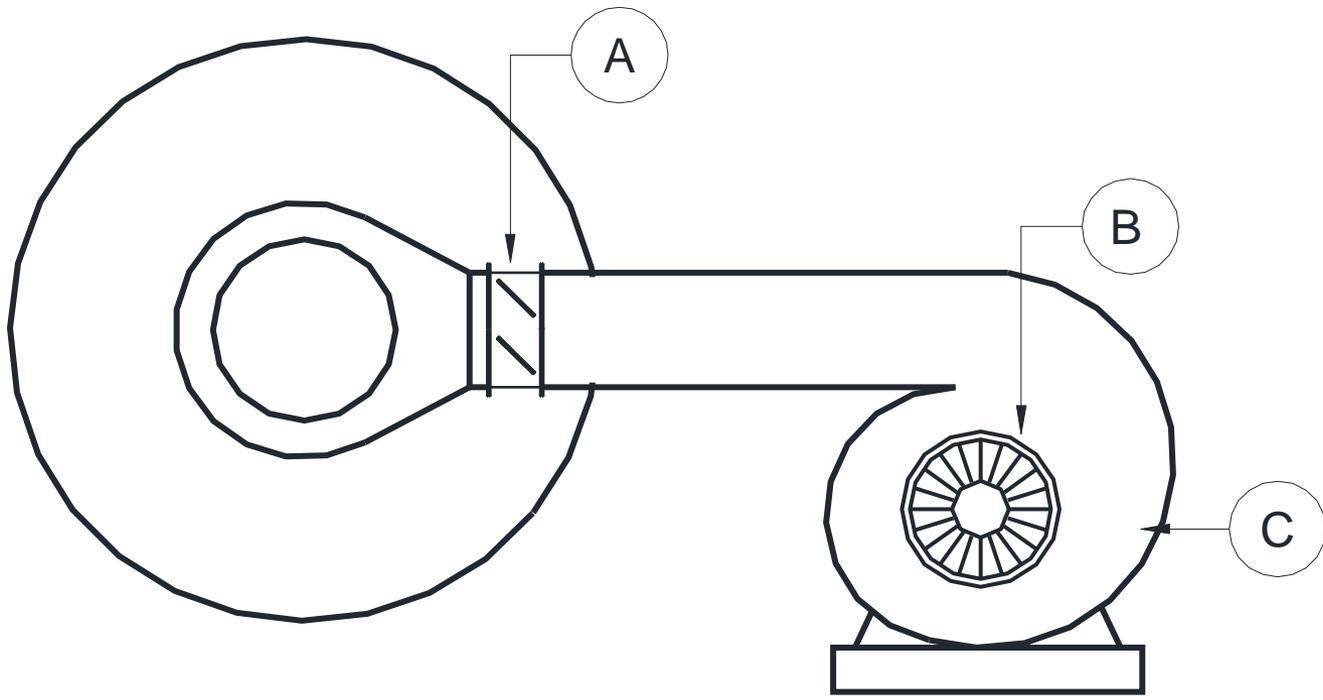
Exceso de aire

Ejemplo de instalación de medición y corrección



CONTROL DE CAUDAL DE AIRE

- Damper en la aspiración del VTF.
- Damper en la descarga del VTF.
- Variación de velocidad del VTF.
- Variación velocidad+ Damper en descarga

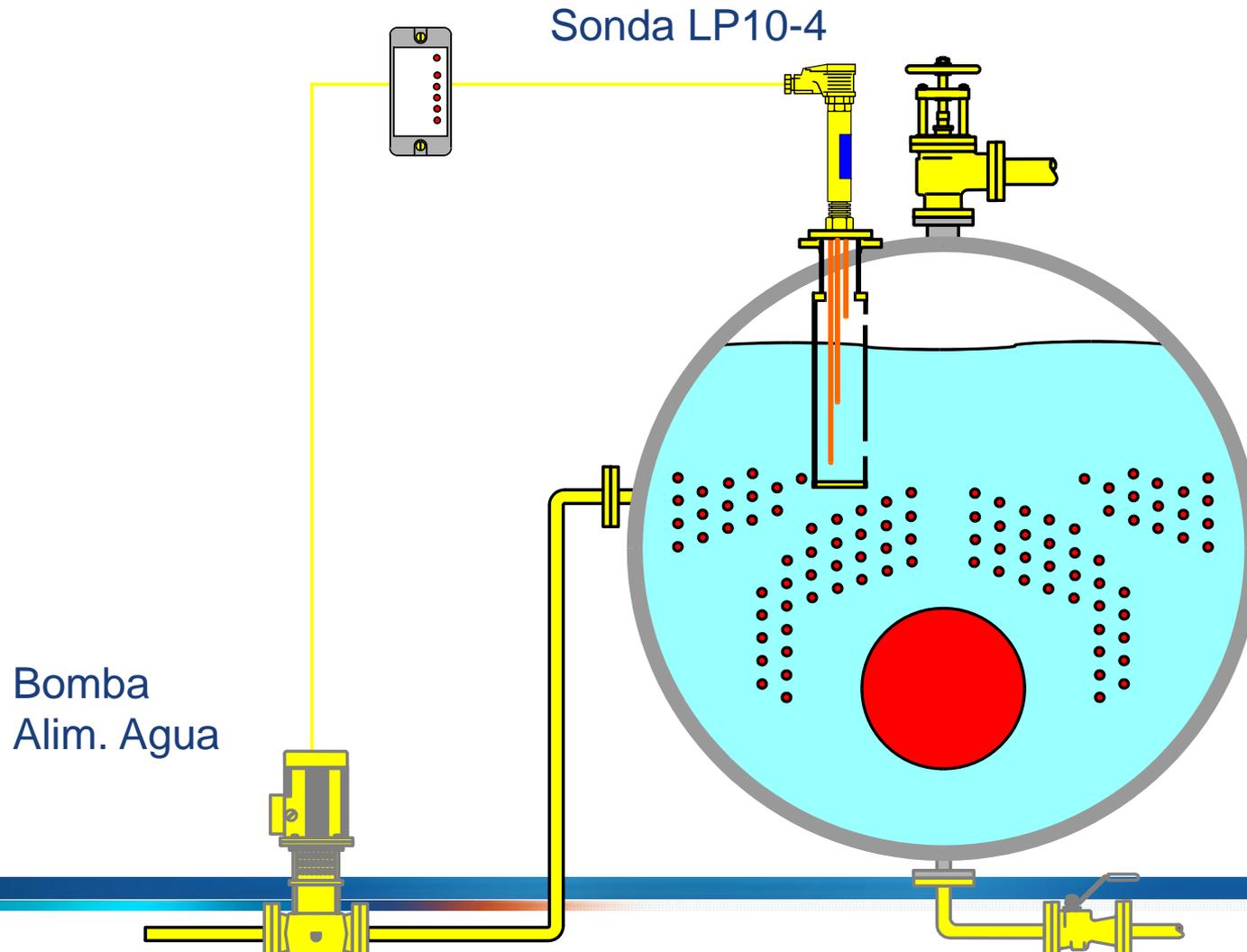


- **CONTROL DE NIVEL**

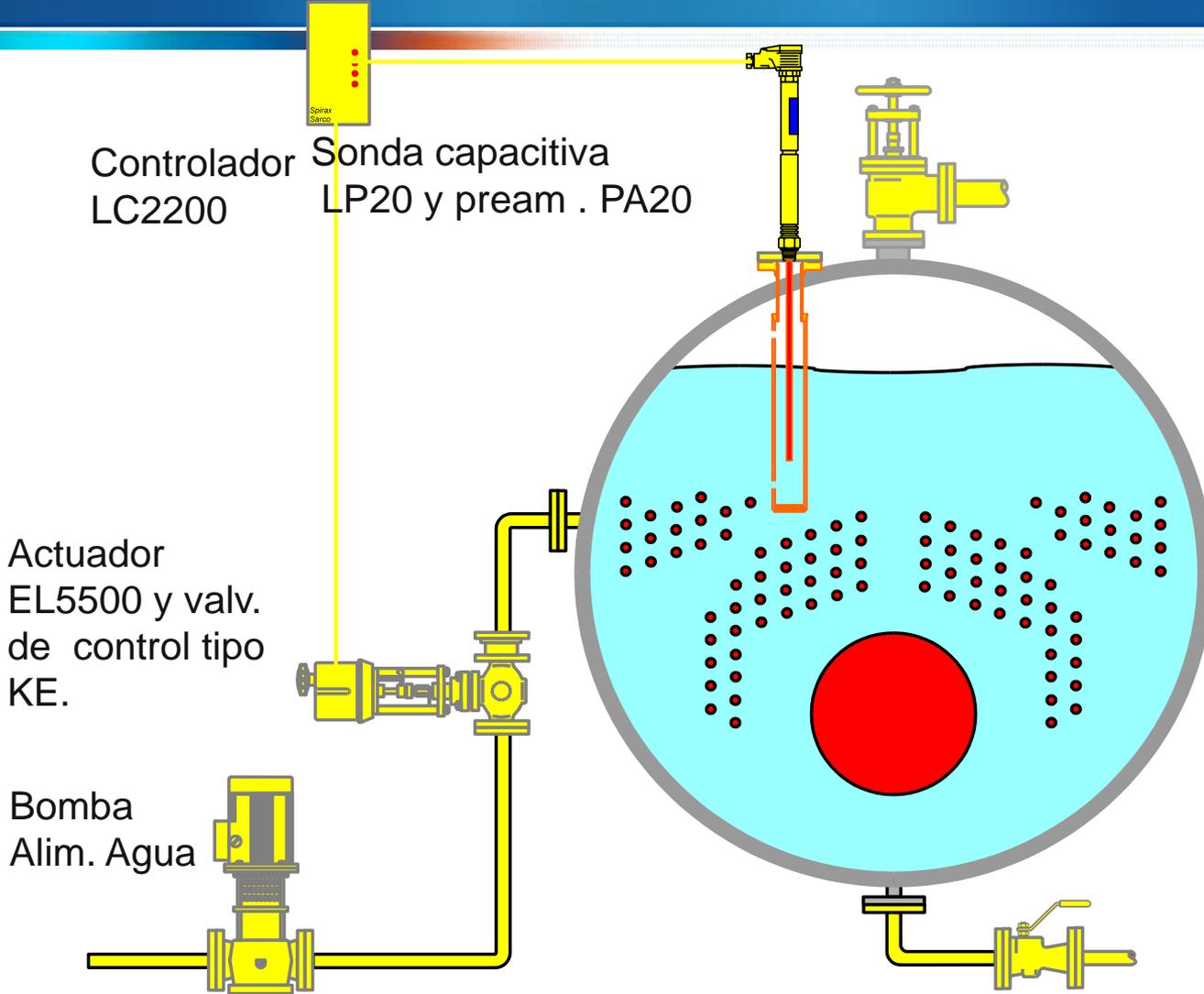
CONTROL ON-OFF

CONTROL MODULANTE

Control On/Off



Control Modulante



Controlador
LC2200

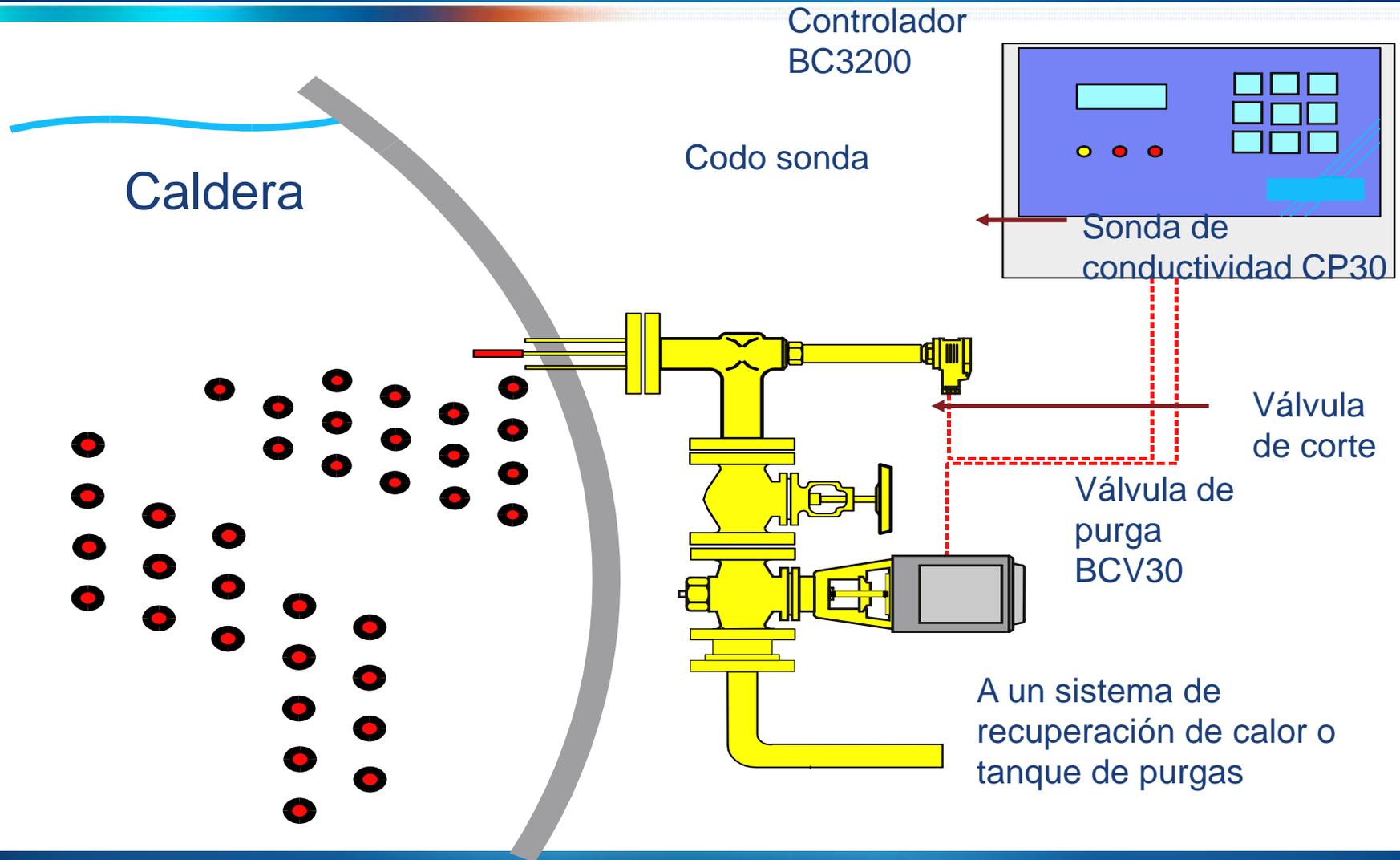
Sonda capacitiva
LP20 y pream. PA20

Actuador
EL5500 y valv.
de control tipo
KE.

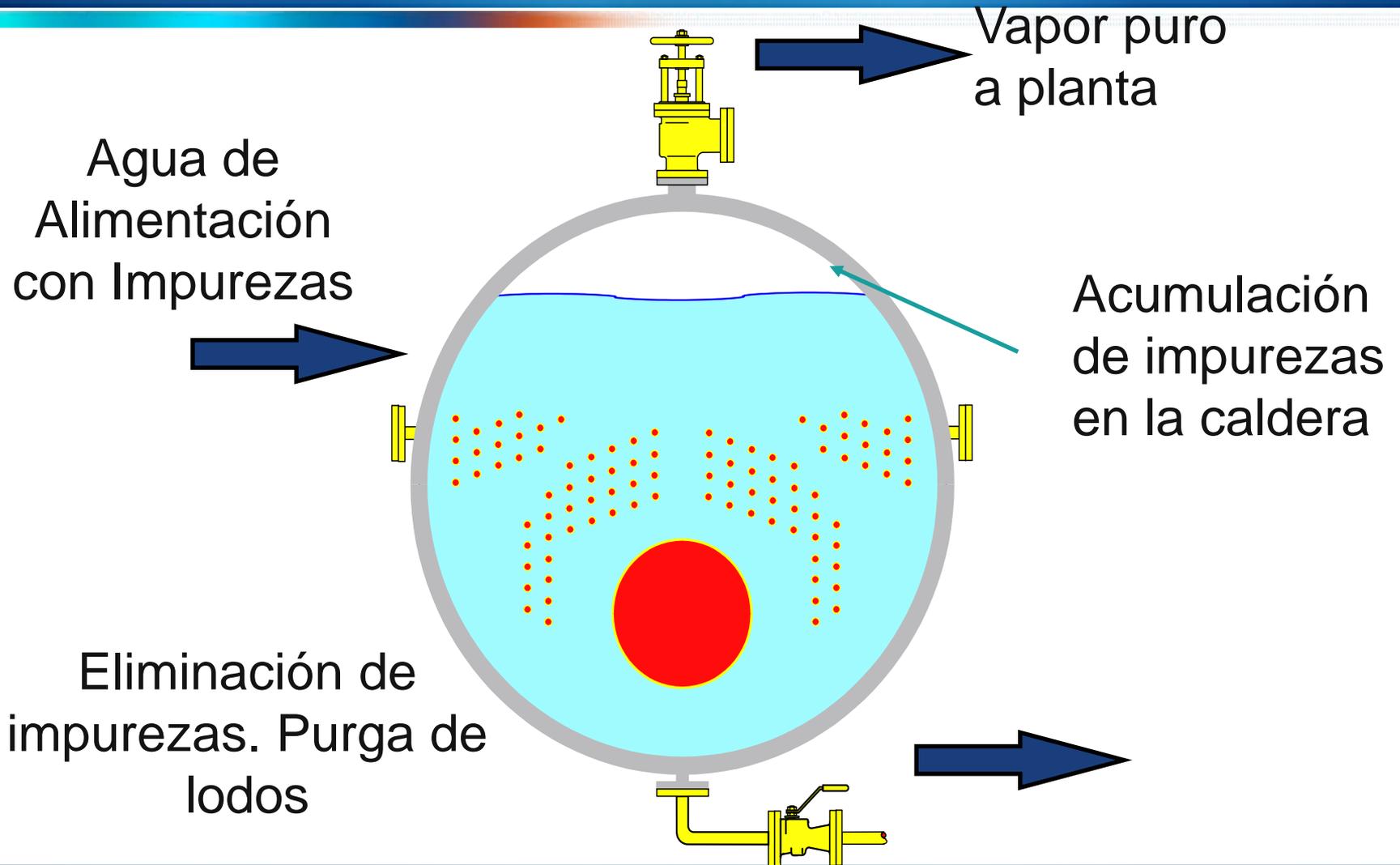
Bomba
Alim. Agua

- PURGA CONTINUA O DE SUPERFICIE.
- PURGA DE FONDO.

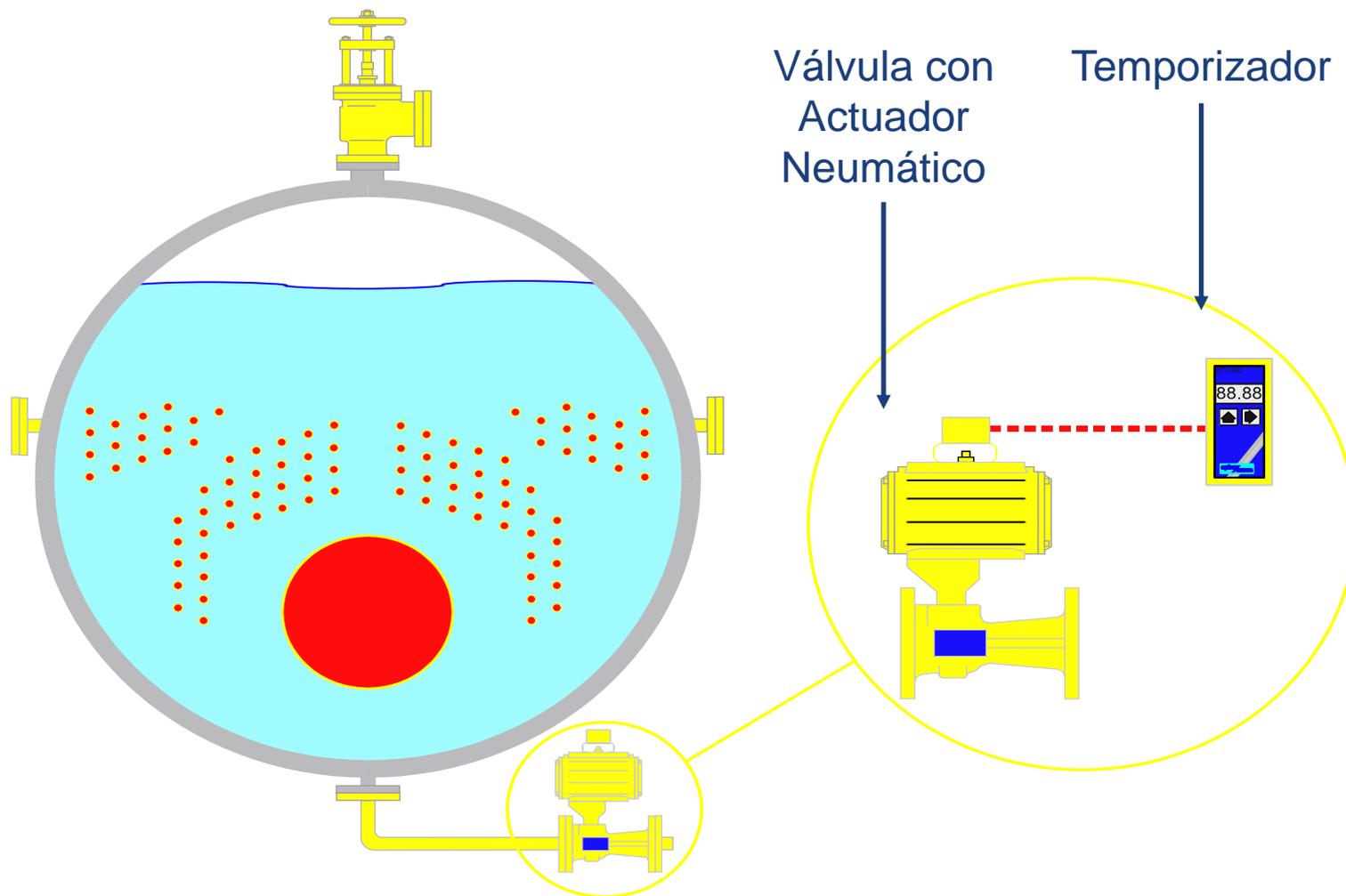
Sistema Control de Purga BCS3



PURGAS



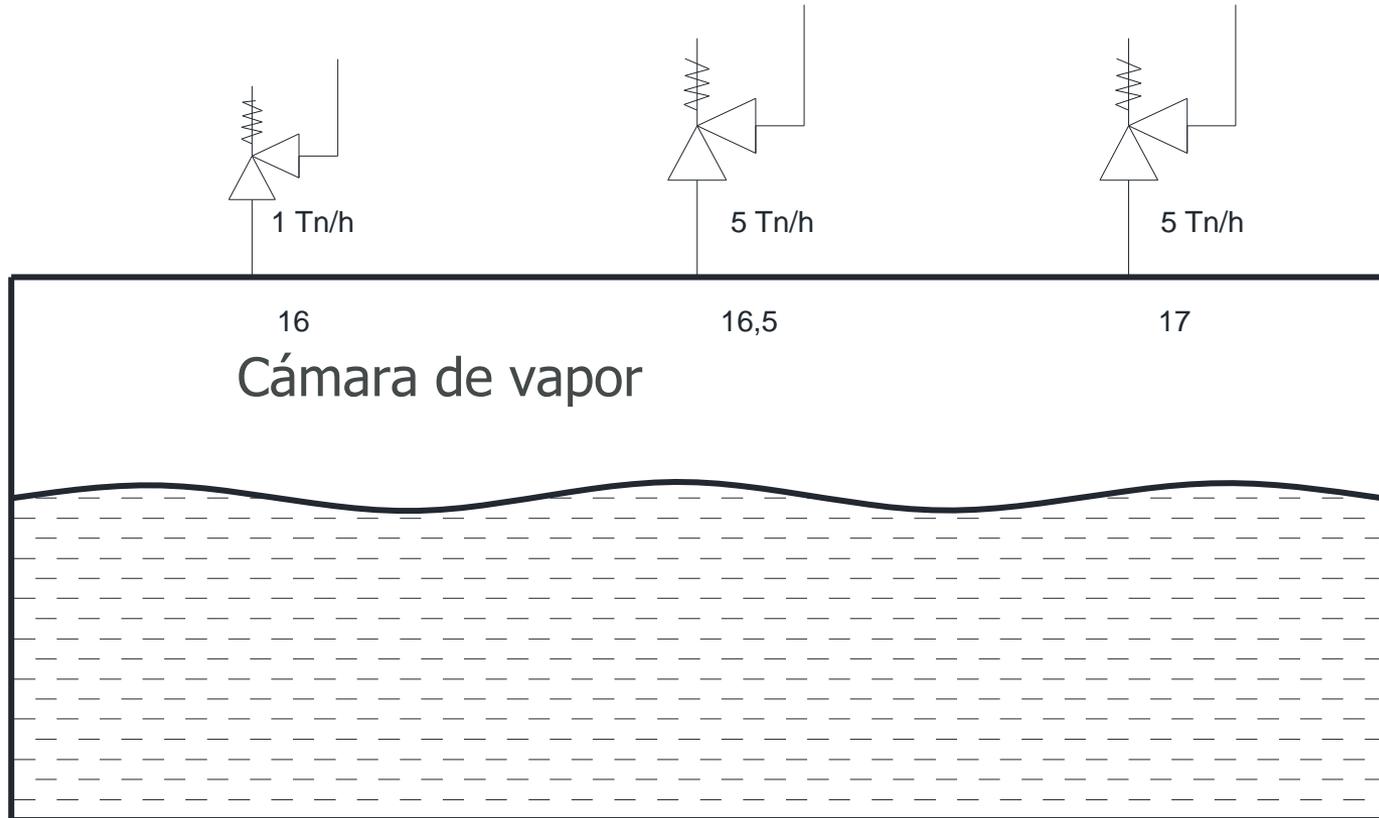
Purga de Fondo Temporizada



VÁLVULAS DE SEGURIDAD

- **SELECCIÓN DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD.-**

VÁLVULAS DE SEGURIDAD

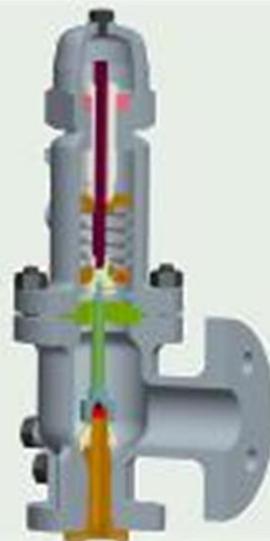


Presión de Trabajo: 15 bar

Presión de Diseño: 17 bar

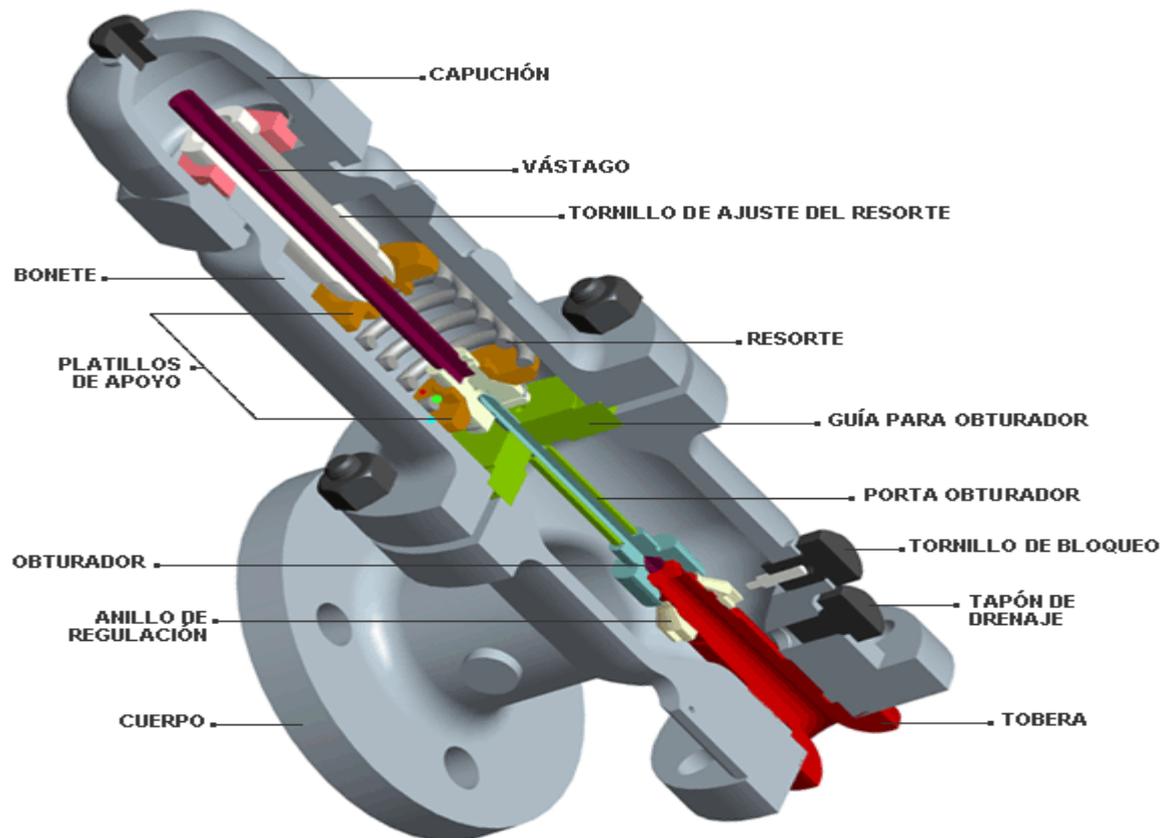
VÁLVULAS DE SEGURIDAD

- Sv



VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

SV



FORMAS DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE COMBUSTION

- On-off
- High-Low
- Modulantes.

Velocidad variable en VTF

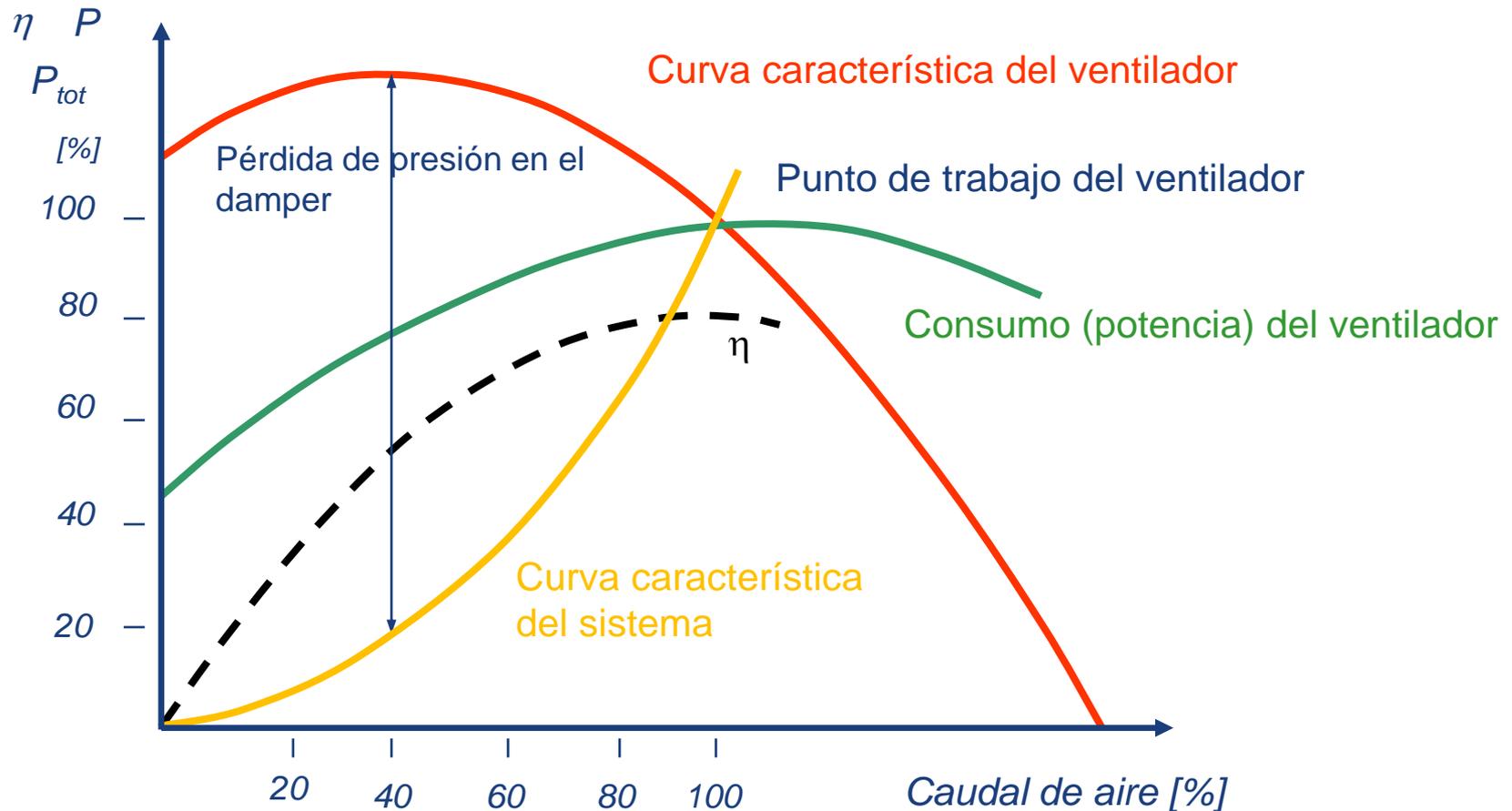
Cuando se justifica

Básicamente se debe a:

- Sobredimensionamiento del ventilador
- Características del sistema

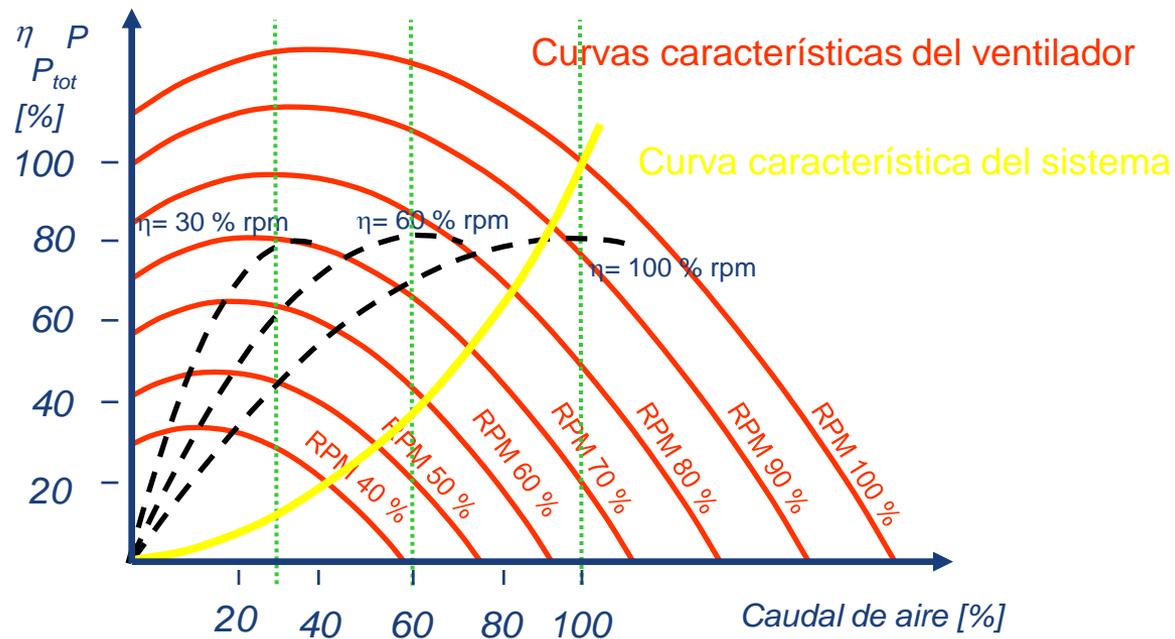
Velocidad variable en VTF

Concepto. Curvas características sin VLT



Velocidad variable en VTF

Concepto. Curvas características con VLT



Velocidad variable en VTF

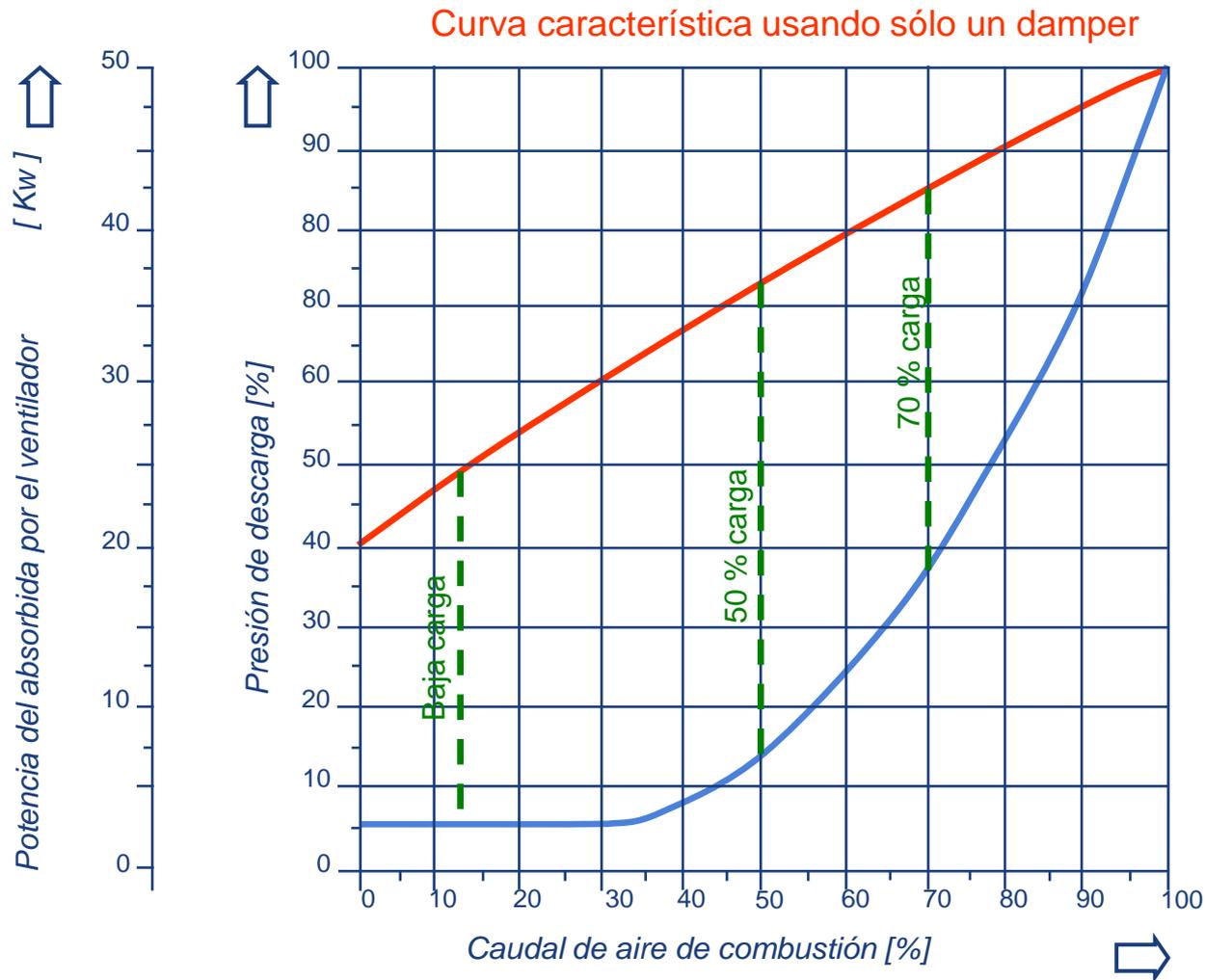
Ejemplo de cálculo de ahorro

Una planta trabaja anualmente un tiempo de 6.000 horas.
El precio de la energía es \$ **xxx** por Kw y la planta opera:

- A plena carga 1.000 horas
- Al 70% 1000 horas
- Al 50% de la carga 3000 horas
- A baja carga 1000 horas

Velocidad variable en VTF

Ejemplo. Diagrama del VTF de 50 kw



Curva característica combinando un variador de velocidad y un damper

Velocidad variable en VTF

Ejemplo. Los números obtenidos.

1. Con damper de control

1.000	hs	x	50 kw	=	50.000
1.000	hs	x	42 kw	=	42.000
3.000	hs	x	37 kw	=	111.000
1.000	hs	x	25 kw	=	25.000
Total					kw 228.000

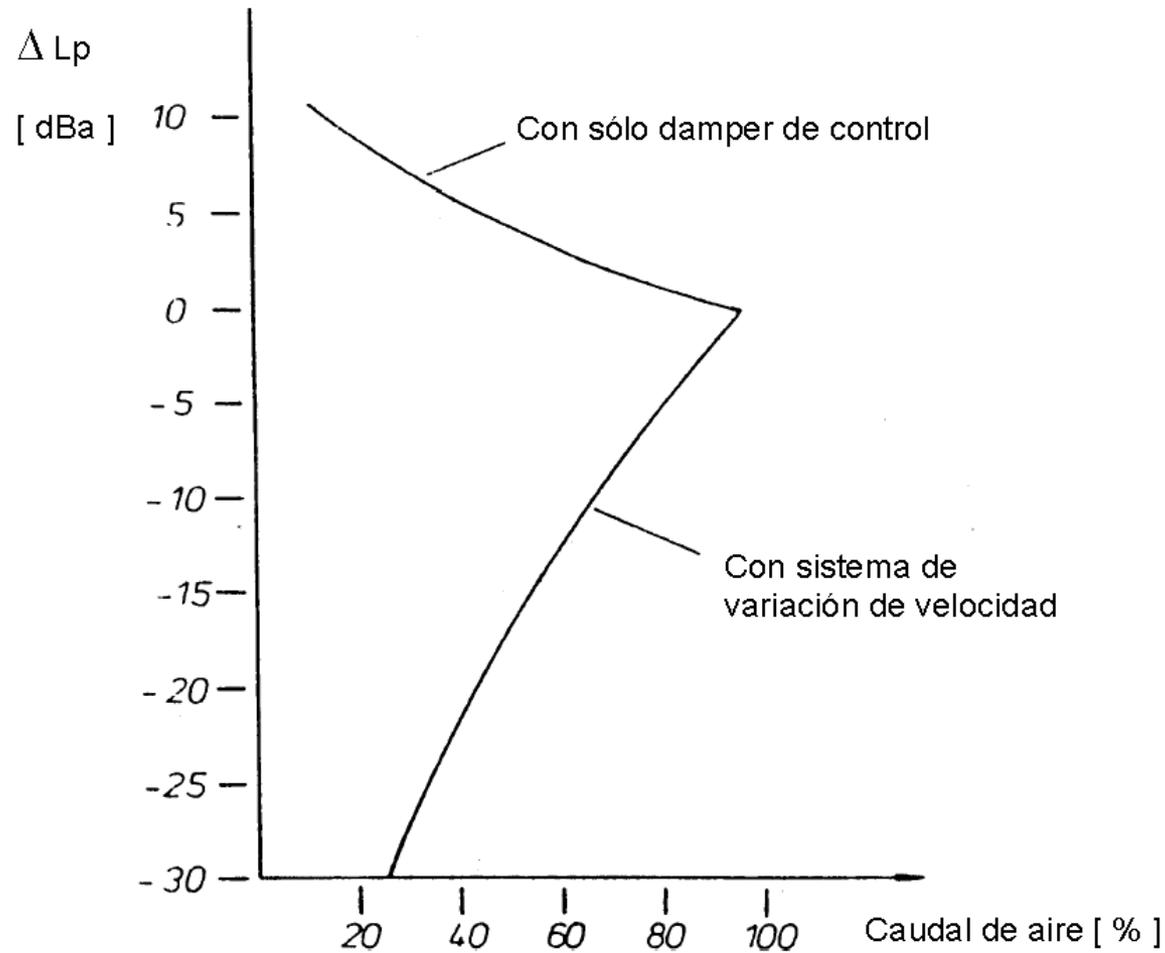
2. Con velocidad variable

1.000	hs	x	50 kw	=	50.000
1.000	hs	x	18 kw	=	18.000
3.000	hs	x	7 kw	=	21.000
1.000	hs	x	5 kw	=	5.000
Total					kw 94.000

3. Por lo tanto, el ahorro anual será:
228.000 kw / 94.000 kw = 134.000 kw

Velocidad variable en VTF

Otra ventajas adicional



Recuperadores de calor en chimenea

Concepto

- ❖ Los gases de escape suelen contener una importante cantidad de energía.
- ❖ Una alternativa es colocar intercambiadores de calor para aprovechar esa energía.
- ❖ Sirven para economizar y/o para potenciar la producción
- ❖ En los últimos años, incluso han aparecido intercambiadores de condensación.

Recuperadores de calor en chimenea

Tecnologías disponibles

❖ Calentadores de aire de combustión.

Desventajas:

- grandes tamaños,
- es necesario importantes cambios en el SdC,
- aumenta la formación de Nox.

❖ Calentadores de agua de alimentación (economizadores).

a considerar:

- Limitados a las condensaciones,
- Limitados a la temperatura del agua en la caldera,
- Deben ser diseñados de acuerdo al combustible

❖ Calentadores de fluidos de proceso en planta.

- Se deben analizar en cada caso

Economizadores

Tipos

❖ Tubos lisos.

- ☹ Mayor tamaño,
- ☹ Mayor costo,
- 😊 Más apto para gases sucios

❖ De superficies extendidas. Tubos aletados, aserrados.

- 😊 Menor tamaño,
- 😊 Menor inversión,
- ☹ No recomendable para gases sucios.

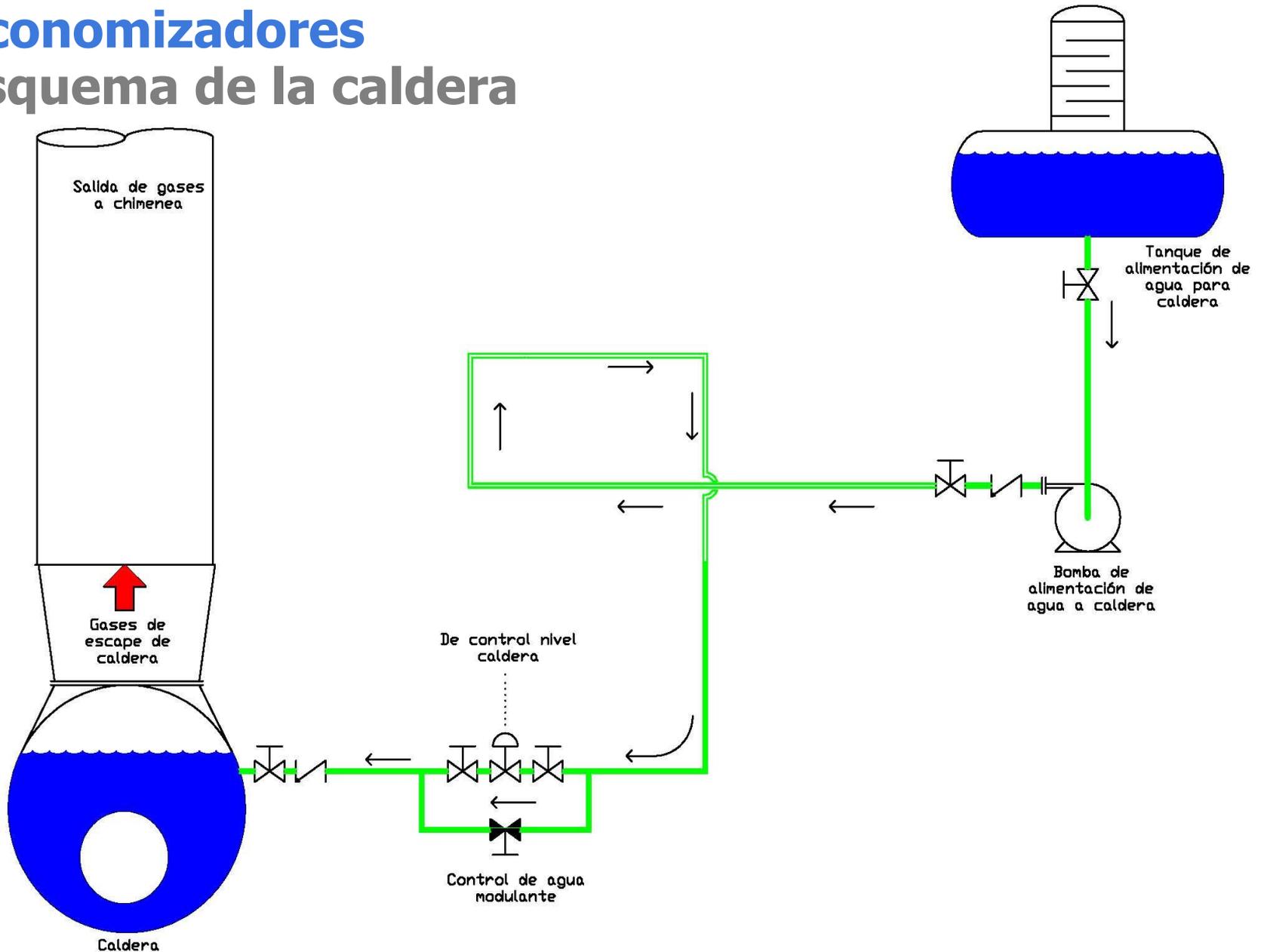


❖ De condensación. Construidos con materiales anticorrosivos.

- ☹ Elevados costos
- 😊 Aptos para condiciones agresivas.
- 😊 Alta eficiencia

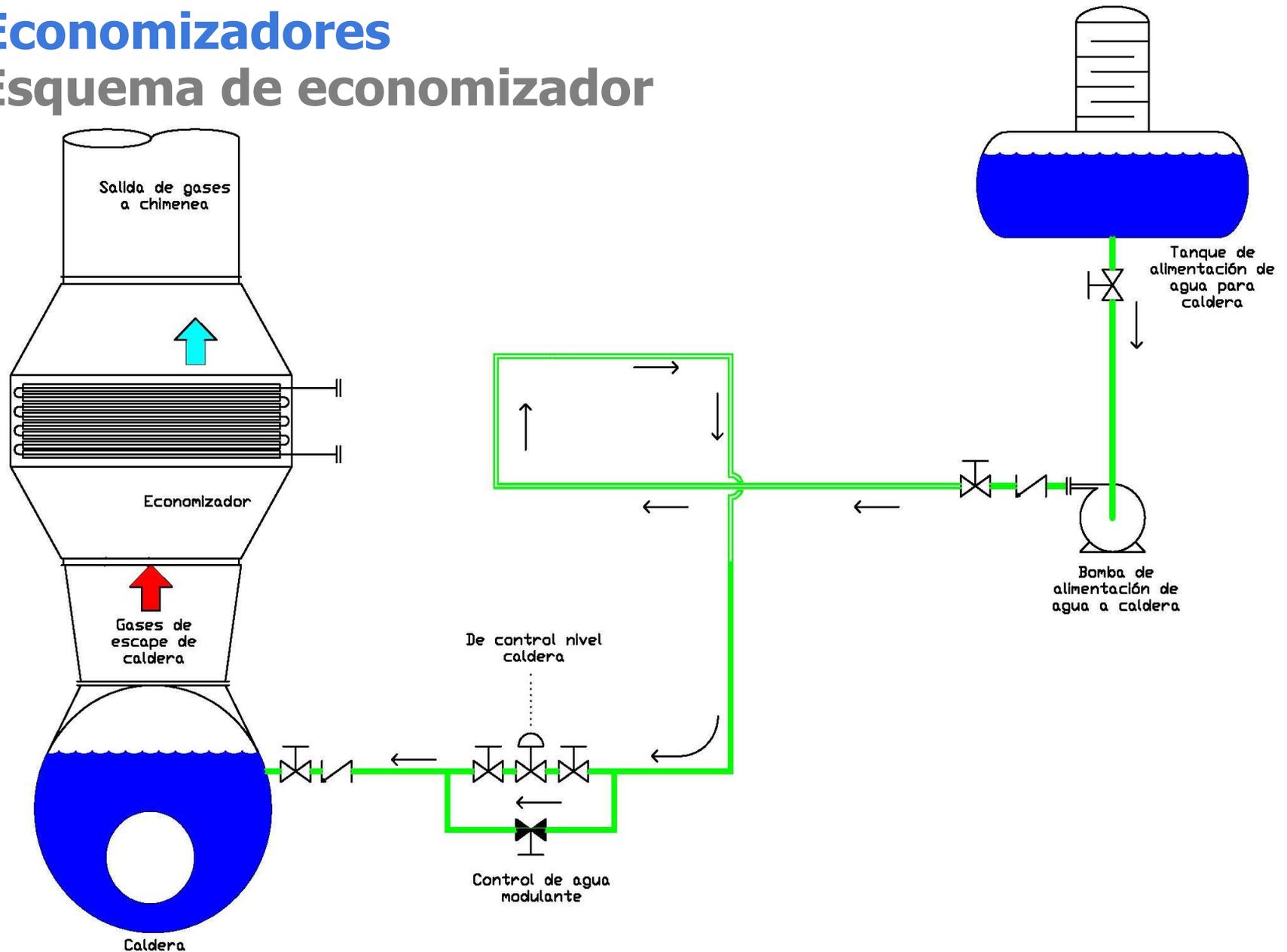
Economizadores

Esquema de la caldera



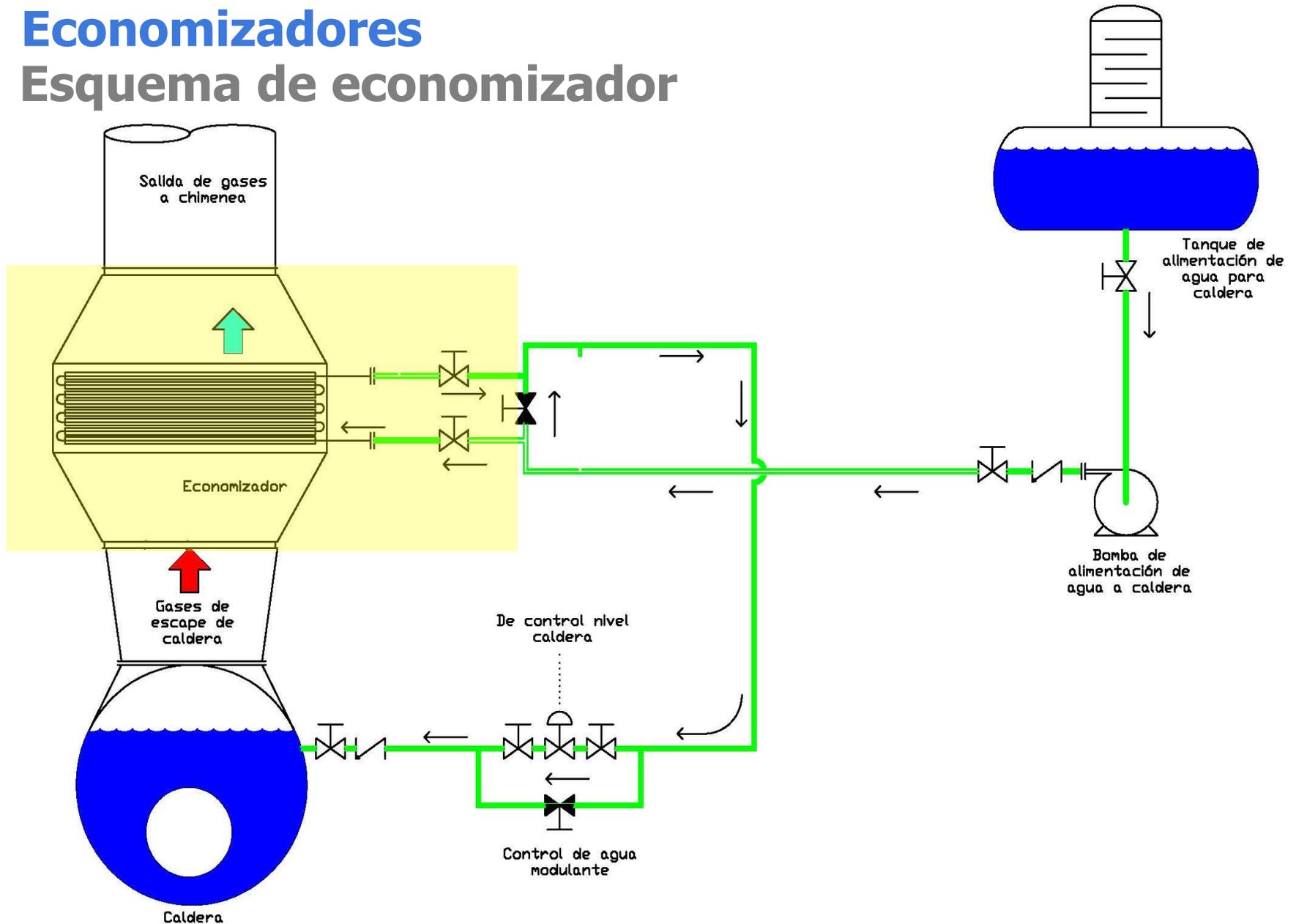
Economizadores

Esquema de economizador

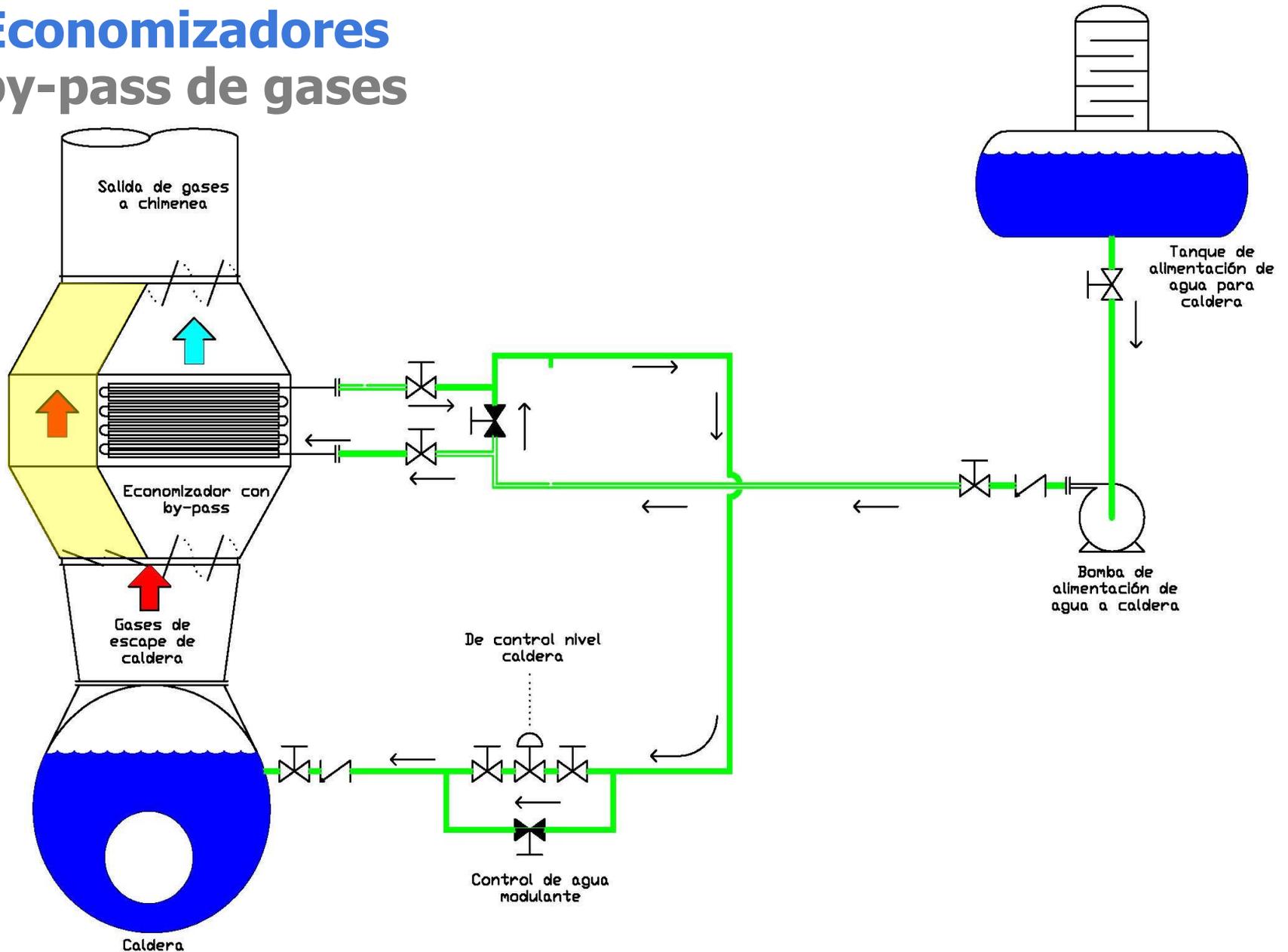


Economizadores

Esquema de economizador

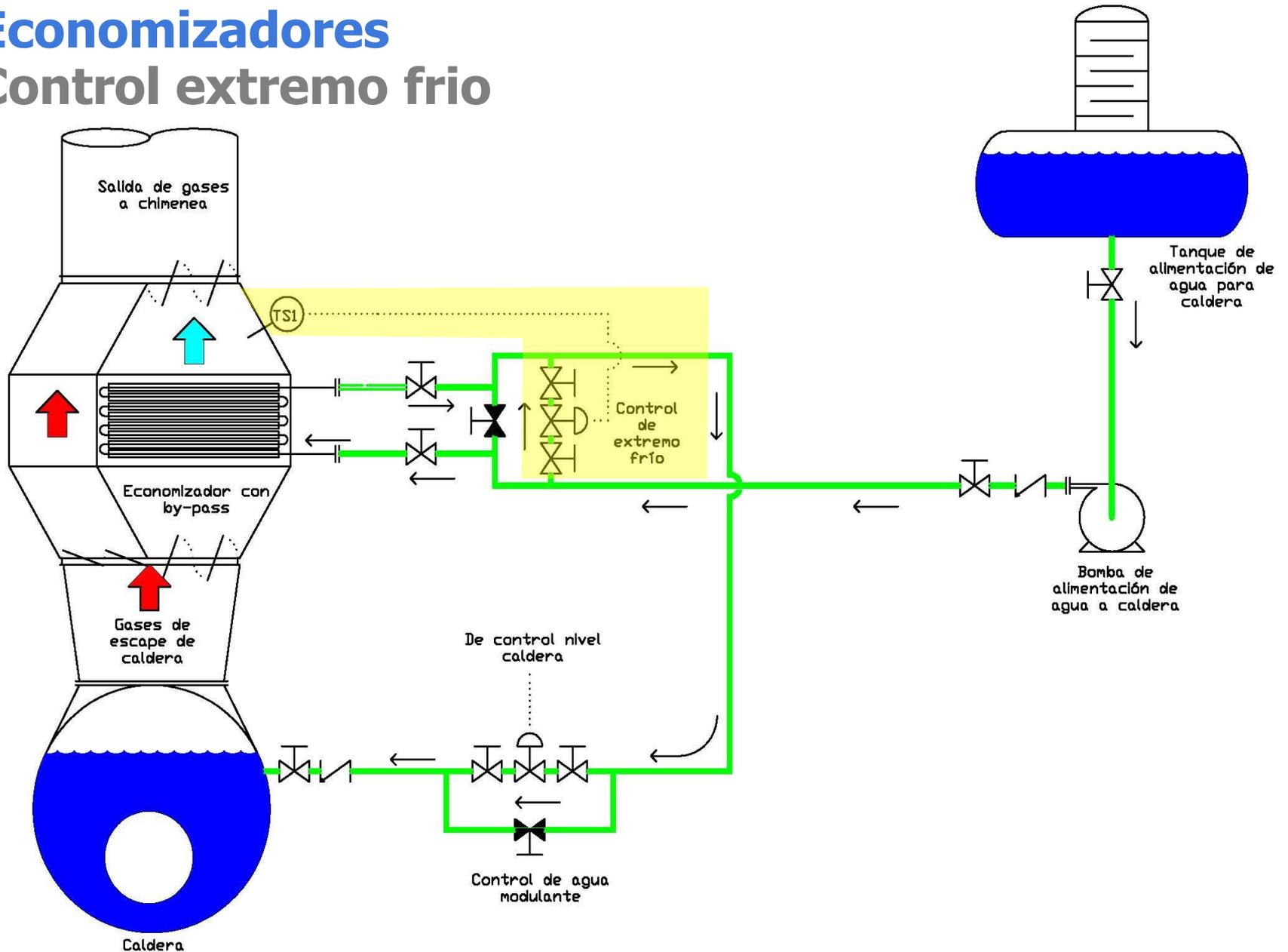


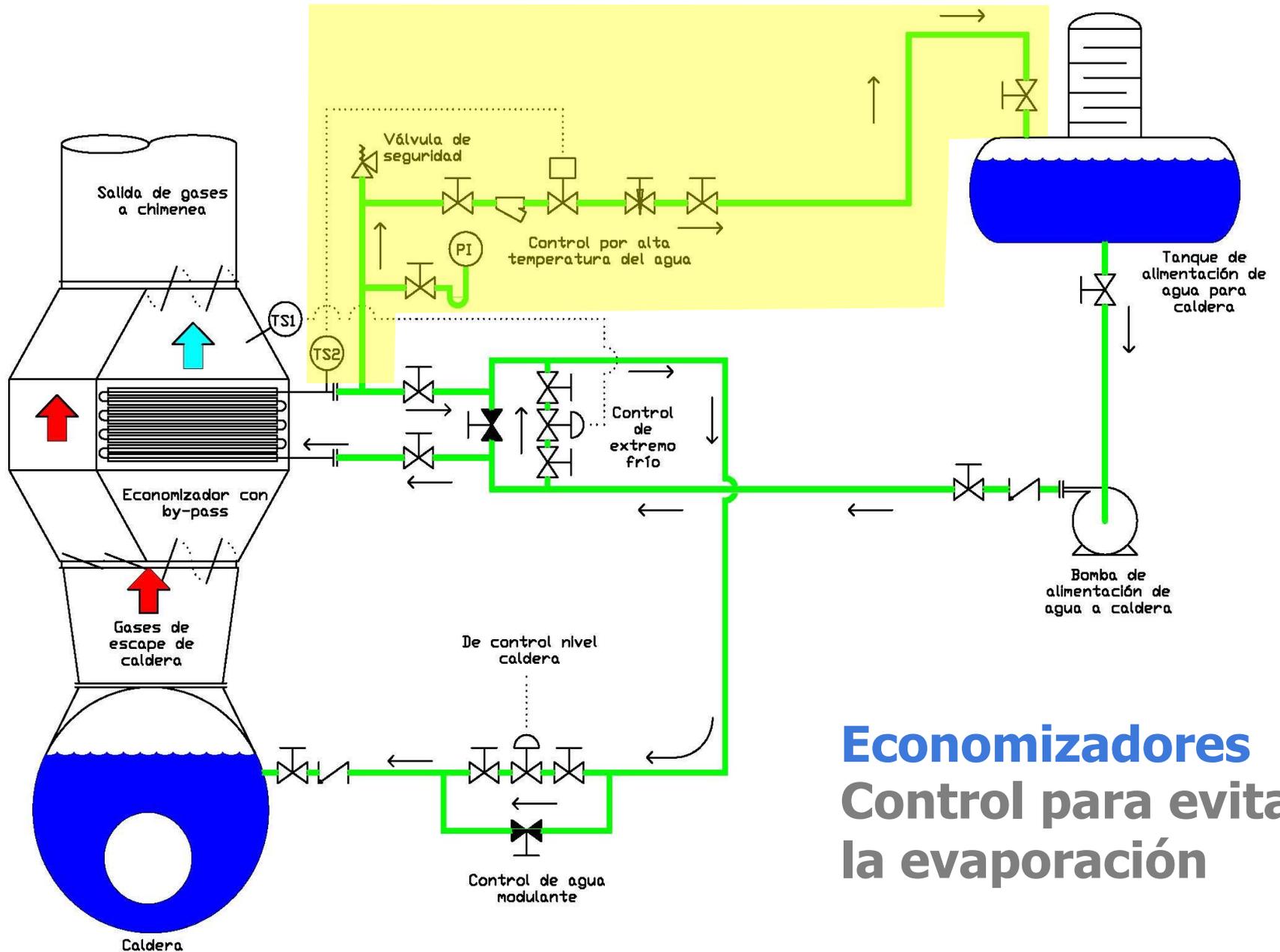
Economizadores by-pass de gases



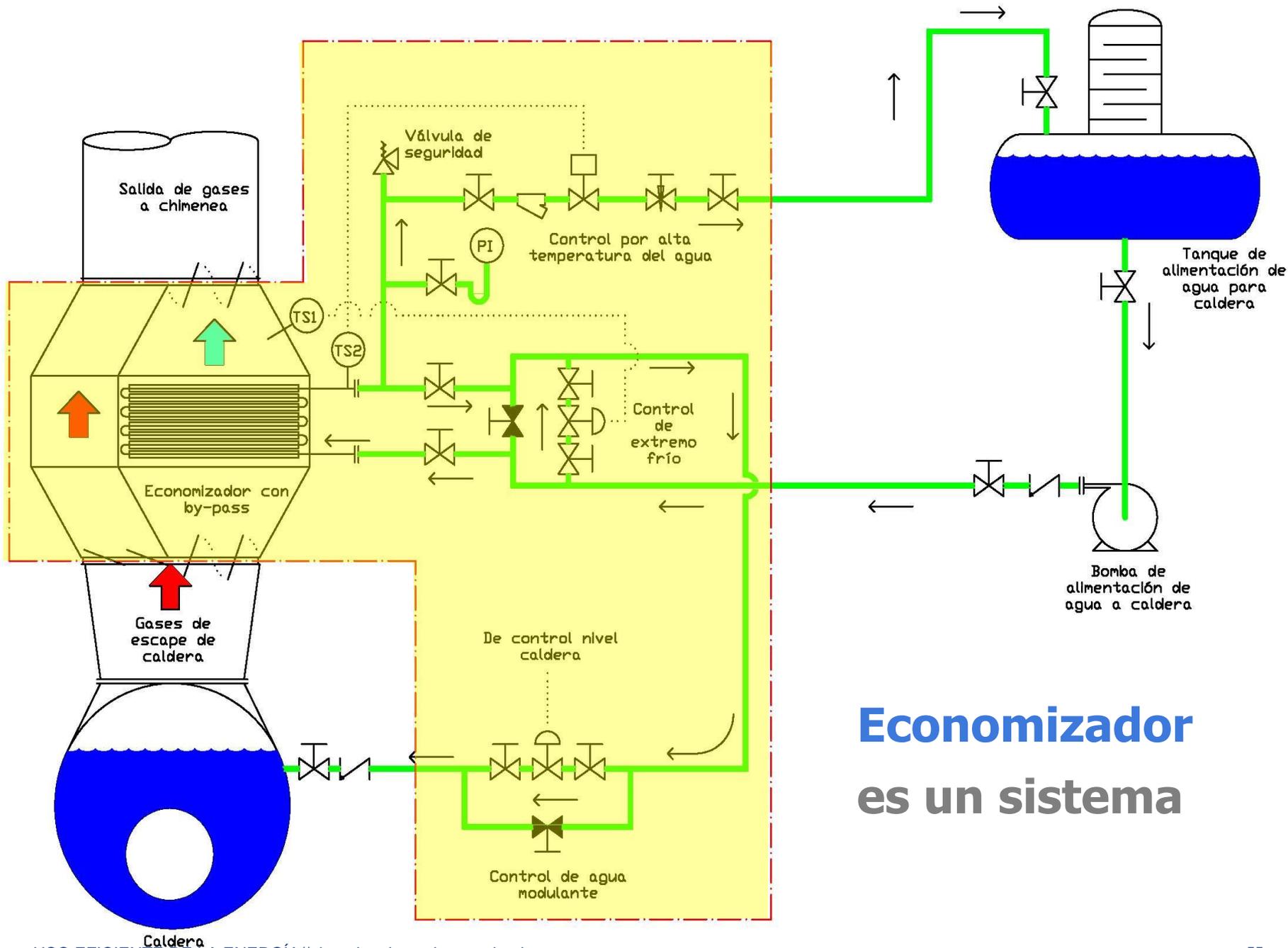
Economizadores

Control extremo frío





Economizadores Control para evitar la evaporación



Economizador
es un sistema

CALIDAD DEL AGUA

INCRUSTACIONES

Incrustaciones
silíceas en caldera
acuotubular con
agua desionizada



Incrustaciones
calcareas.



INCRUSTACIONES

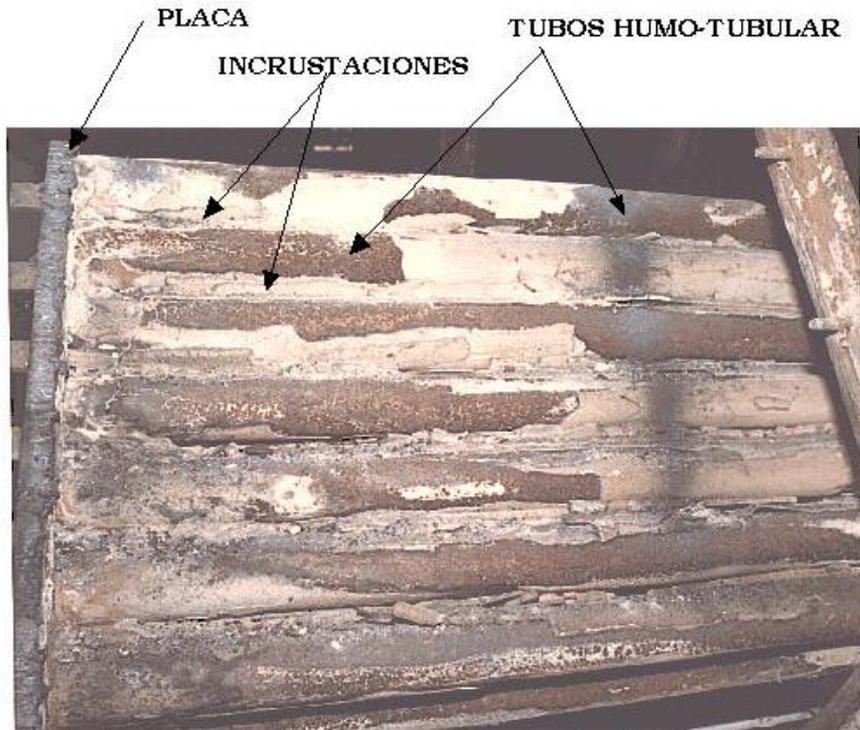


Masa de incrustación provoca por el tratamiento químico.

¿Cuál es la conclusión?



INCRUSTACIONES



En este caso las incrustaciones cortaron la circulación del agua.

Banco tubular extraído hacia el frente, cortando la placa debido a que los tubos no se pueden extraer individualmente



Remoción de las incrustaciones y aceites

Caldera con agua ablandada y tratamiento interno



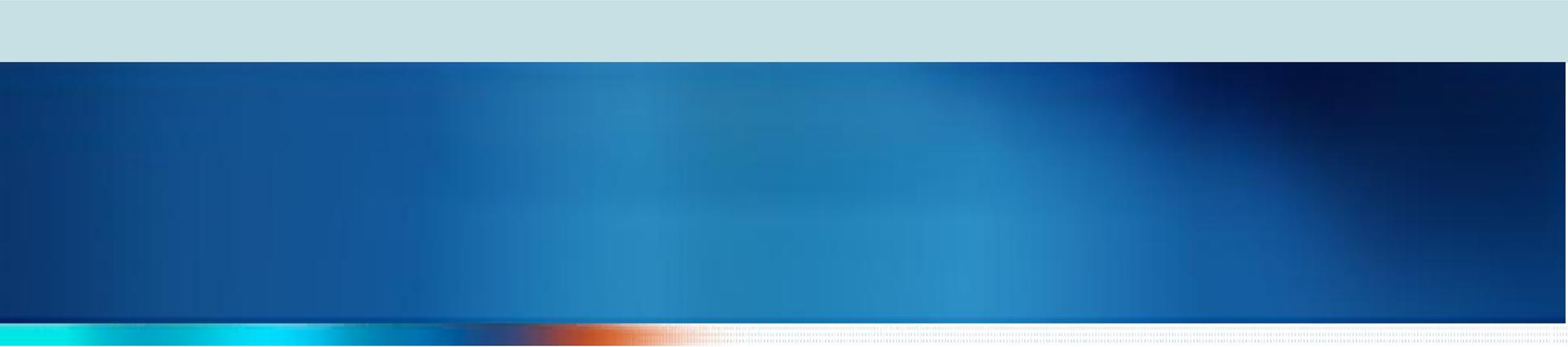
Después de la limpieza química



La limpieza química puso en evidencia un problema de corrosión generalizada



¿Consultas?

A decorative horizontal bar with a blue gradient, transitioning from a lighter blue at the top to a darker blue at the bottom, with a thin red and orange stripe at the very bottom.

Reflexión

Todas las mañanas en África,

cada gacela sabe que deberá correr más rápido que el más rápido de los leones...para poder sobrevivir.****

Reflexión

También todas las mañanas en África, cada león sabe que deberá correr, por lo menos, más rápido que la más lenta de las gacelas....
para poder sobrevivir.

Reflexión

En el mundo *Globalizado* en que vivimos,
no importa sí somos como las Gacelas o como
los Leones.

Lo importante, es que cada mañana
recordemos **ser eficientes....**
sí queremos sobrevivir.

Seamos eficientes....

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

Para más información: jlfrojan@saacke.com.ar