

Calderas de gas de Condensación

Jornada sobre actuaciones de mejora de eficiencia energética en
instalaciones térmicas de edificios

Cristian M. León

07.03.2019



Bosch Group

Cuatro sectores de negocio

Mobility Solutions



Tecnología Industrial



Tecnología para la Energía y edificación

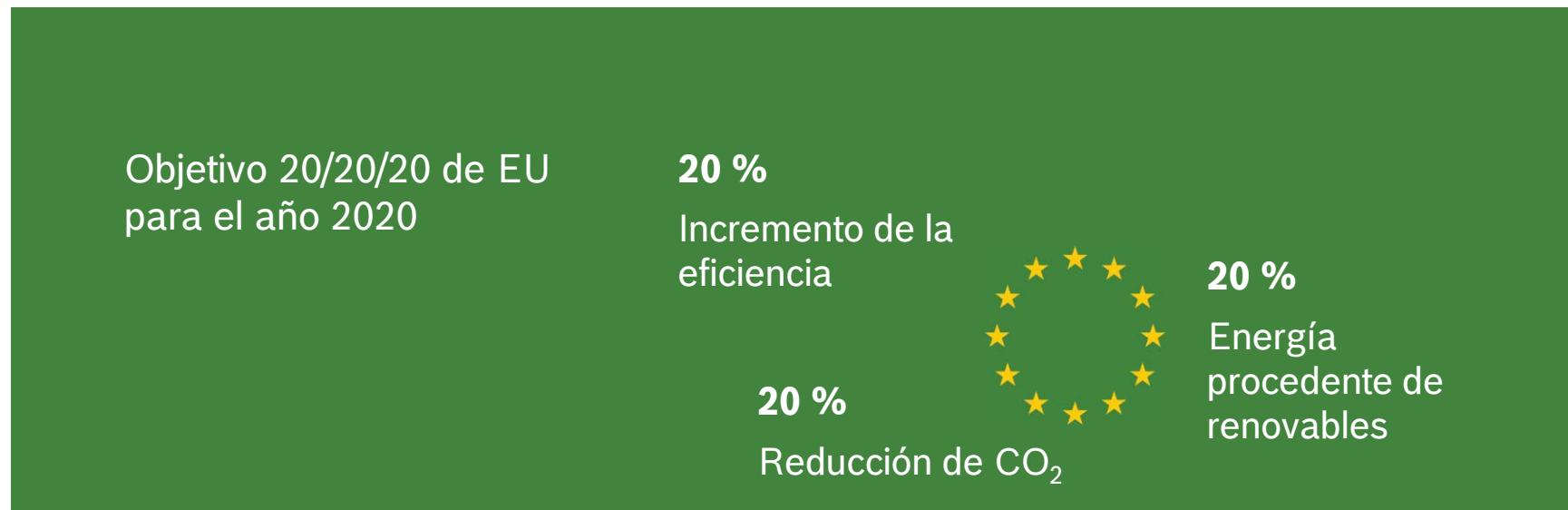


Bienes de consumo



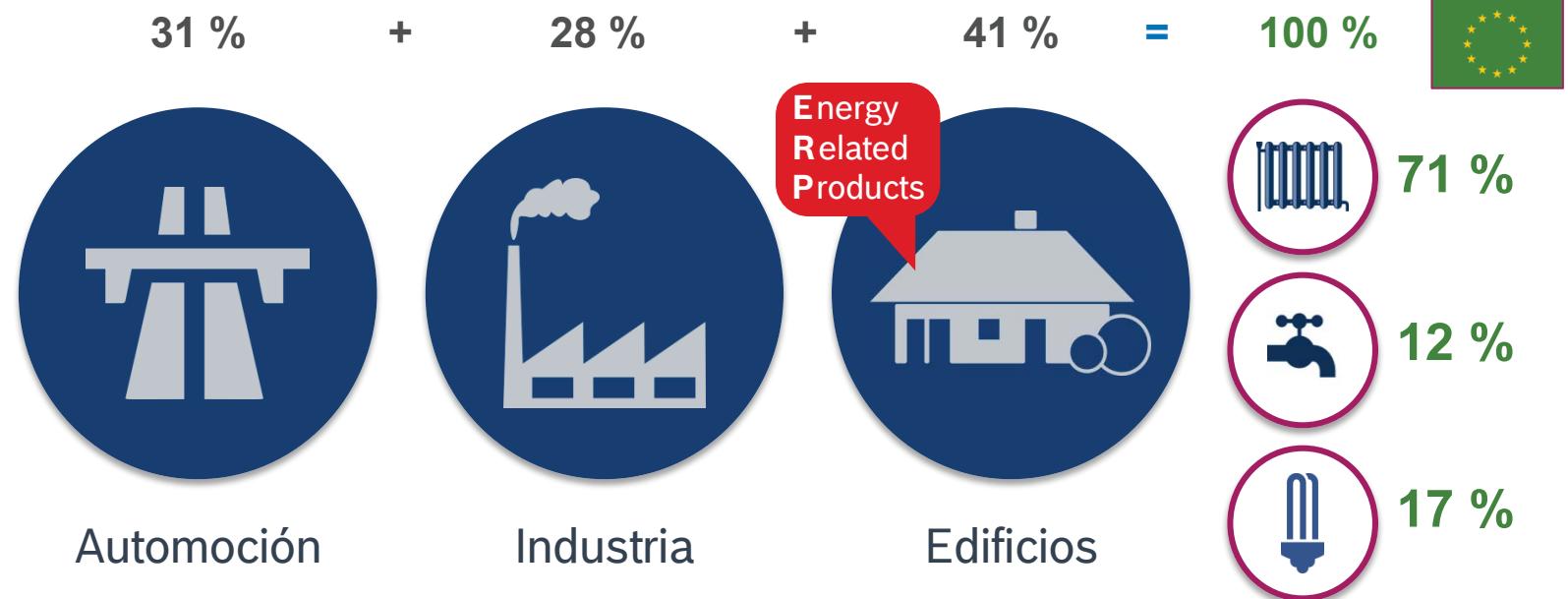
Objetivo 20/20/20 para el año 2020.

- ▶ Cambio climático global en el planeta
- ▶ Incremento de la contaminación y emisiones de CO₂
- ▶ Fuerte dependencia de combustibles fósiles
- ▶ Costes energéticos que se incrementan
- ▶ Compromiso medioambiental 20/20/20



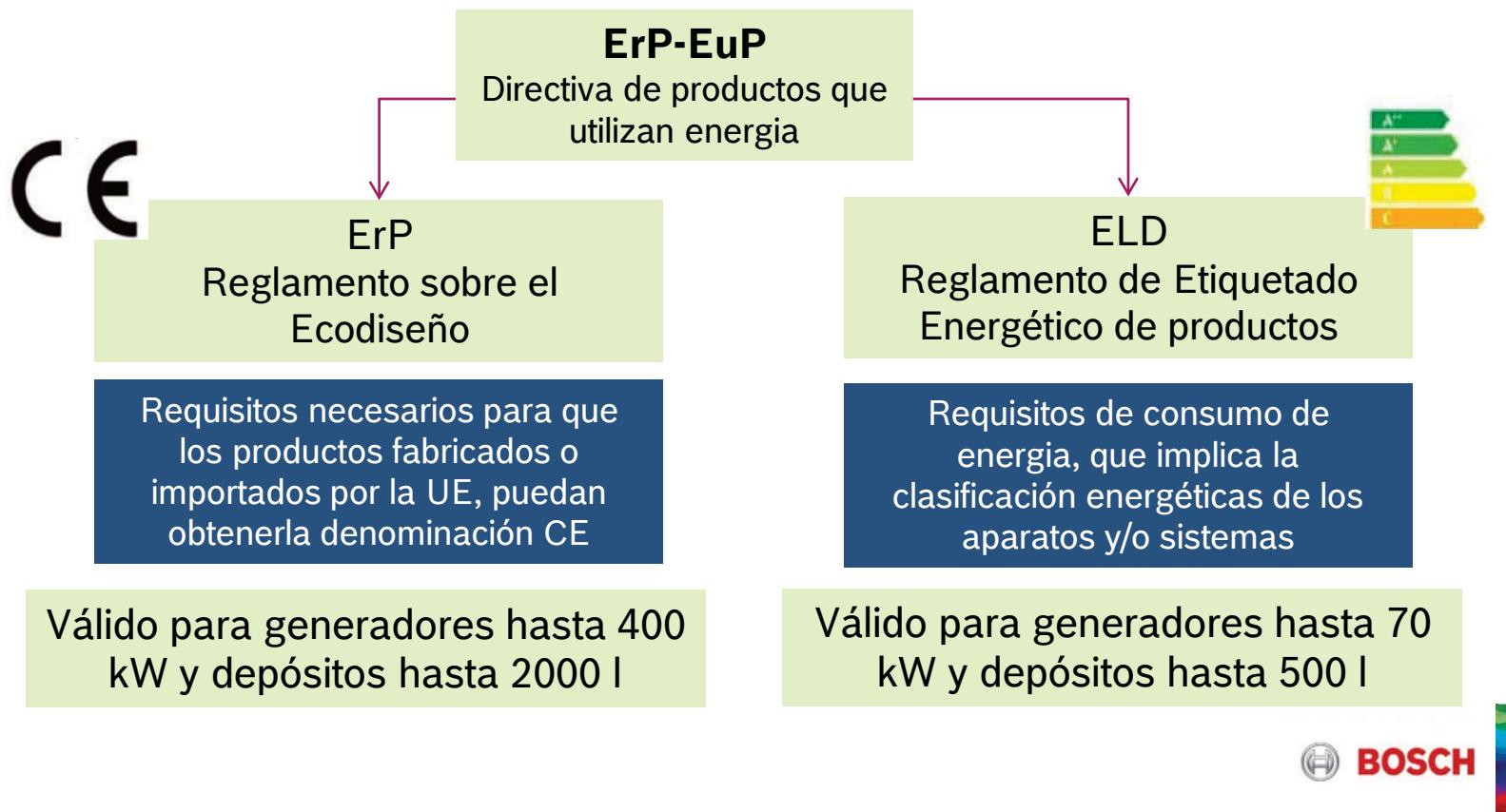
Potencial de ahorro de energía en Europa.

Objetivo de protección ambiental: Incremento de la eficiencia en la calefacción y producción de a.c.s.



Directiva Ecodiseño y de etiquetado.

A partir del **26 de septiembre de 2015** entra en vigor, en todos los países de la unión Europea, la Directiva de Ecodiseño (ErP) y la Directiva de Etiquetado (ELD):



Directiva Ecodiseño ErP.

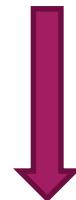
- Eliminación progresiva de aparatos



Productos afectados o prohibidos

Calderas de gas o gasóleo de <70 kW mixtas o sólo calefacción que no sean de condensación (Rdto. Estacional < 86%).

Calderas de gas o gasóleo de 70 kW a 400 kW con rendimiento instantáneo del 86% (100% de carga) y del 94% (al 30% de carga).



Equipos más eficientes



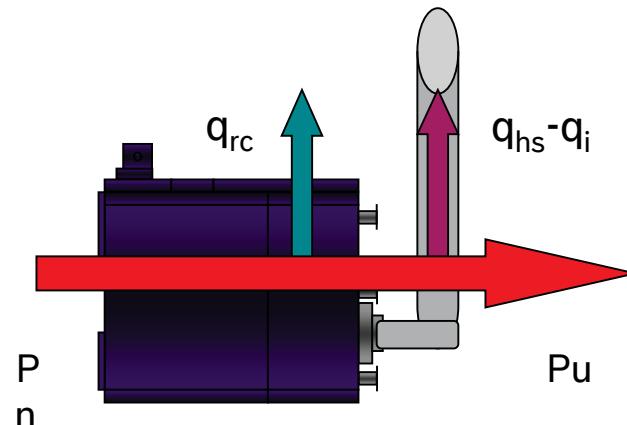
El rendimiento de una caldera.

El rendimiento de la caldera podríamos expresarlo por la expresión:

$$\eta_c = P_u / P_n$$

También se puede expresar por :

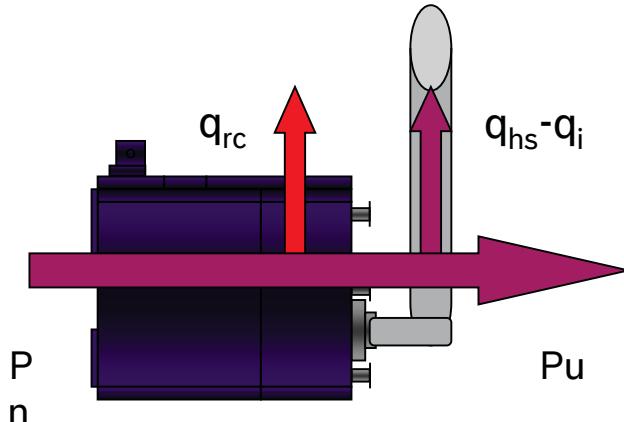
$$\eta_c = 100 - (q_{rc} + q_{hs} + q_i) \quad (\%)$$



- ❖ **Pérdida por radiación y convención (q_{rc}):** dependiente de la superficie de la caldera, coef. de transmisión y diferencia de temperatura;
- ❖ **Pérdida por calor sensible en los gases (q_{hs}):** dependiente de la temperatura de humos, del combustible y ajuste del quemador.
- ❖ **Pérdida por inquemados (q_i):** dependiente del tipo de combustible, y ajustes del quemador.

Pérdidas por radiación y convención.

$$\eta_c = 100 - (q_{rc} + q_{hs} + q_i) \quad (\%)$$



❖ **Pérdida por radiación y convención (q_{rc}):** dependiente de la superficie de la caldera, coef. de transmisión y diferencia de temperatura:

$$q_{rc} = (a S \Delta T) / P_c$$

a: coef. Transmisión de calor de 10 a 12 kcal/m² h °C

S: superficie exterior de la caldera en cm²

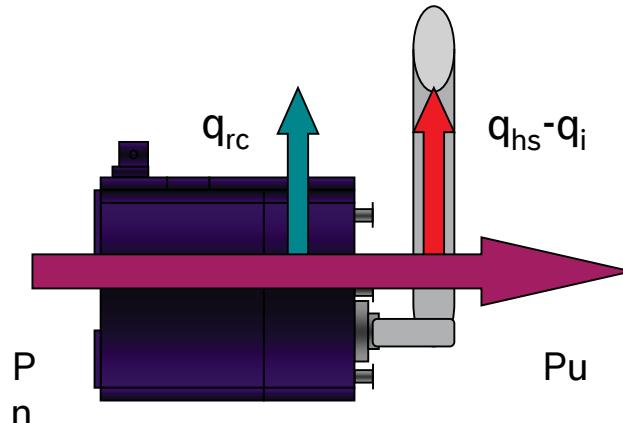
ΔT: diferencia de temperatura de caldera respecto ambiente.

Pc: potencia quemada por el combustible en kcal/h

En calderas convencionales oscila del 2 al 5% y en calderas de baja temperatura y condensación de 0,5 al 2%.

Pérdidas por calor sensible de los gases.

$$\eta_c = 100 - (q_{rc} + q_{hs} + q_i) \quad (\%)$$



- ❖ **Pérdida por calor sensible en los gases (q_{hs}):** dependiente de la temperatura de humos, del combustible y ajuste del quemador.

$$q_{hs} = K (th - ta) / \%CO_2$$

Combustible	Valor de K
Gasóleo	0,495 + (0,00693 CO ₂)
Gas natural, propano	0,379 + (0,0097 CO ₂)
Sólido (madera)	0,74

K: constante de combustible.

th: temperatura de humos

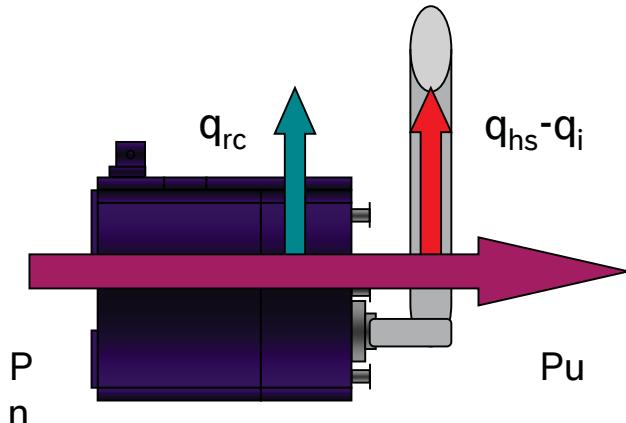
ta: temperatura de entrada de aire para combustión

% CO₂: valor de %CO₂ de los gases de la combustión.

Representa hasta un 10% del total. Al depender mucho de la temperatura de humos, las calderas de condensación tienen los valores más bajos en pérdidas.

Pérdidas por in quemados.

$$\eta_c = 100 - (q_{rc} + q_{hs} + q_i) \quad (\%)$$



- ❖ **Pérdida por in quemados (qi):** dependiente del tipo de combustible, y ajustes del quemador.

$$q_i = K_2 (\%CO) / (\%CO + \%CO_2)$$

Combustible	Valor de K_2
Gasoleo	95
Gas natural	72
Gas propano	84
Sólido	60

K_2 : constante de combustible.

% CO: valor de %CO de los gases de la combustión.

% CO_2 : valor de % CO_2 de los gases de la combustión.

Para gas natural el valor es muy bajo, un 0,5%. Para combustibles líquidos y sólidos oscila del 0,7 al 2%.

Rendimiento instantáneo y estacional.

- ❖ **Rendimiento instantáneo:** porcentaje de calor aprovechado sobre la potencia aportada por el combustible, desde un punto de vista puntual, considerando las pérdidas en humos, in quemados y por la envolvente de la caldera.
- ❖ **Rendimiento estacional:** Rendimiento que proporciona el generador de calor a lo largo de toda la campaña.

Es inferior al rendimiento instantáneo y está influido por el número de arranques y paradas del quemador, y por el número de horas de funcionamiento del mismo.

El **rendimiento estacional** es un indicador del nivel de eficiencia energética de la instalación térmica de un edificio



Rendimiento estacional según ErP.

Para los equipos de sólo calefacción y mixtos:

$$\eta_s = \eta_{son} - \sum F(i)$$

$$\boxed{\eta_s = 0,15 * \eta_{100\%} + 0,85 * \eta_{30\%} - \sum F(i)}$$

Eficiencia energética estacional en modo activo:

Media ponderada de los rendimientos instantáneos del equipo (**respecto P.C.S.**)
0,15 al 100% y 0,85 al 30%

Factores de corrección:

- Ajuste de la temperatura
- Consumo electricidad
- Pérdidas de calor durante paradas
- Consumo eléctrico encendido
- Producción eléctrica (cogeneración)



Ejemplo Rendimiento estacional según ErP.

$$\eta_{100\%} = 87,3\%$$

$$\eta_{30\%} = 96,4\%$$

$$\Sigma F(i) \approx 3\% - 5\%$$

$$\eta_s = \eta_{son} - \sum F(i)$$

$$\eta_s = 0,15 * \eta_{100\%} + 0,85 * \eta_{30\%} - \sum F(i)$$

$$\eta_s = 0,15 * 87,3\% + 0,85 * 96,4\% - 4\% = \underline{\underline{91\%}}$$

Rendimiento estacional en calefacción	Calefacción η_s [%]	Bombas de calor de baja temperatura η_s [%]
A+++ (desde 2015)	$\eta_s \geq 150$	$\eta_s \geq 175$
A++	$125 \leq \eta_s < 150$	$150 \leq \eta_s < 175$
A+	$98 \leq \eta_s < 125$	$123 \leq \eta_s < 150$
A	$90 \leq \eta_s < 98$	$115 \leq \eta_s < 123$
B	$82 \leq \eta_s < 90$	$107 \leq \eta_s < 115$
C	$75 \leq \eta_s < 82$	$100 \leq \eta_s < 107$
D	$36 \leq \eta_s < 75$	$61 \leq \eta_s < 100$
E	$34 \leq \eta_s < 36$	$59 \leq \eta_s < 61$
F	$30 \leq \eta_s < 34$	$55 \leq \eta_s < 59$
G	$\eta_s < 30$	$\eta_s < 55$

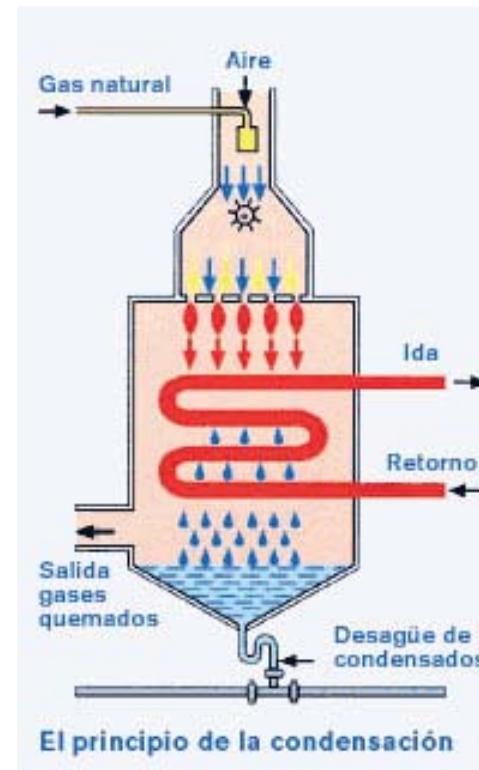
Beneficios de las calderas de condensación.

Las calderas de condensación, ofrecen ventajas importantes:

- Debido a su mayor rendimiento, se reduce la factura de combustible.
- Reducen las emisiones de CO₂ y ayudan a combatir el efecto invernadero.

Trabajan con el principio de recuperar la mayor cantidad posible del calor sobrante emitido normalmente a la atmósfera a través de los gases de la combustión.

Aprovechan la energía liberada por el vapor de agua contenido en los gases procedentes de la combustión al pasar al estado líquido.



Una caldera de condensación **siempre** tiene mejor rendimiento que una caldera convencional.

La tecnología de condensación.

*“Producir la condensación del vapor de agua contenido en los humos, reduciendo la temperatura de estos al punto adecuado para que se inicie la aparición de líquido (**Temperatura de rocío**)”*

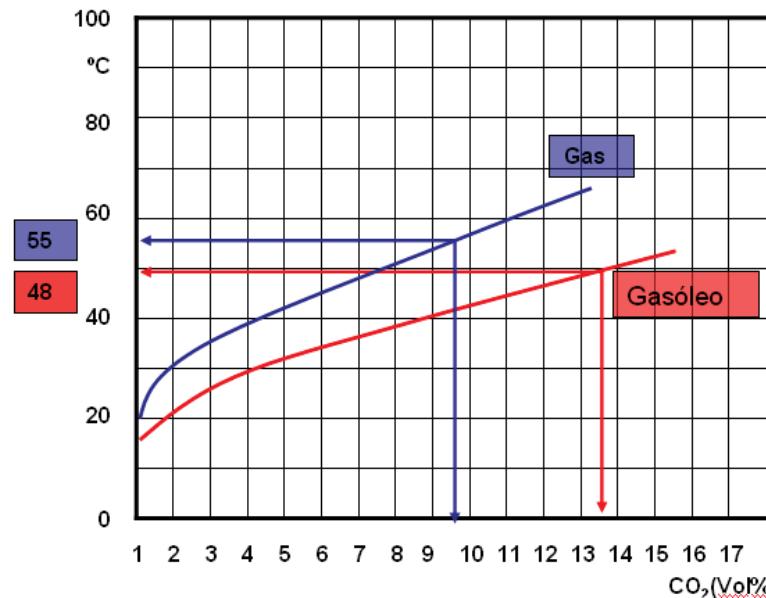
A ↑ Temperatura de Rocío → ↑ Condensación

- ❖ Depende de:

Combustible: A mayor volumen de vapor de agua producido por unidad de combustible, mayor temperatura de rocío.

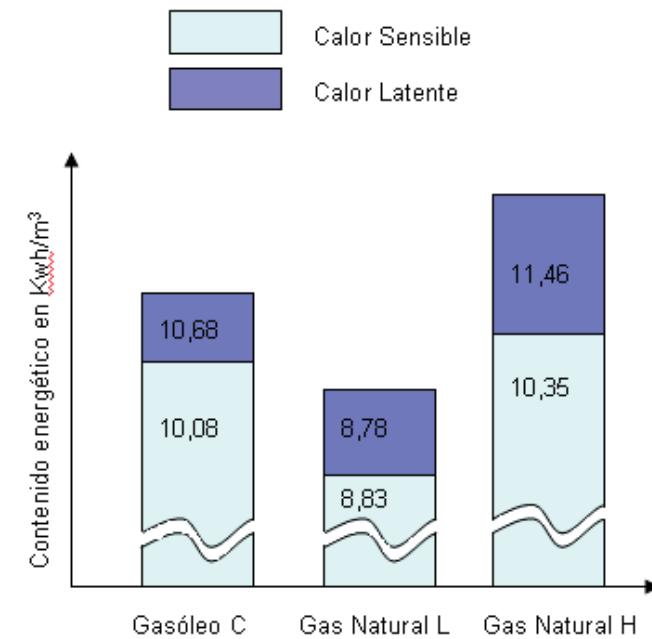
Exceso de aire: A mayor exceso de aire de combustión (menor % CO₂ en humos), menor temperatura de rocío.

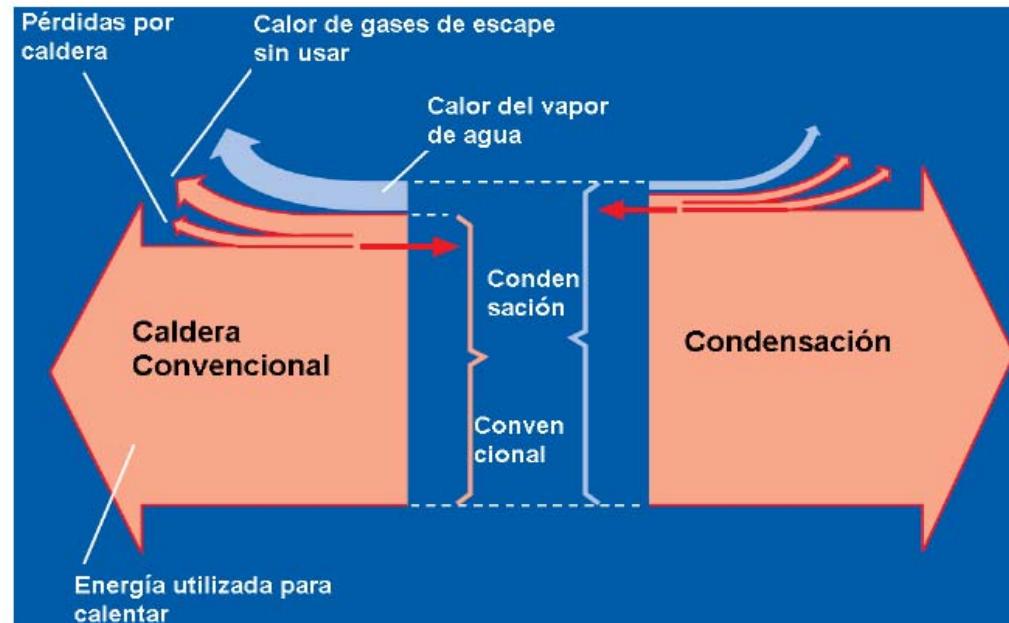
Presión: A mayor presión, mayor temperatura de rocío



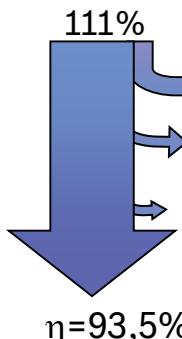
Ventajas del Gas Natural y Propano frente a gasóleo

- ❖ El gas tiene un mayor contenido de hidrógeno que el gasóleo C. Sus humos tienen un mayor contenido de vapor de agua.
- ❖ La temperatura del punto de rocío del Gas Natural es 7º C superior a la temperatura del punto de rocío del gasóleo C.
- ❖ Al contrario que el gasóleo C, en la combustión del gas natural o propano no se producen óxidos de azufre ($\text{SO}_2 / \text{SO}_3$), que podrían unirse con el agua condensada dando lugar a **ácido sulfúrico**.

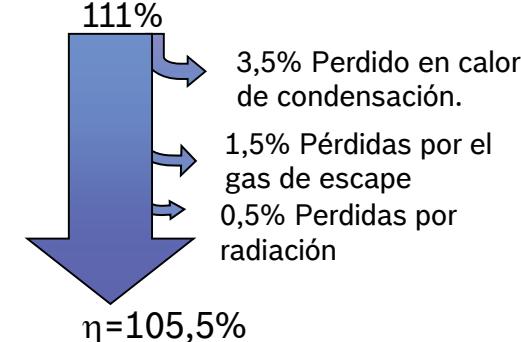




Caldera de Baja Temperatura



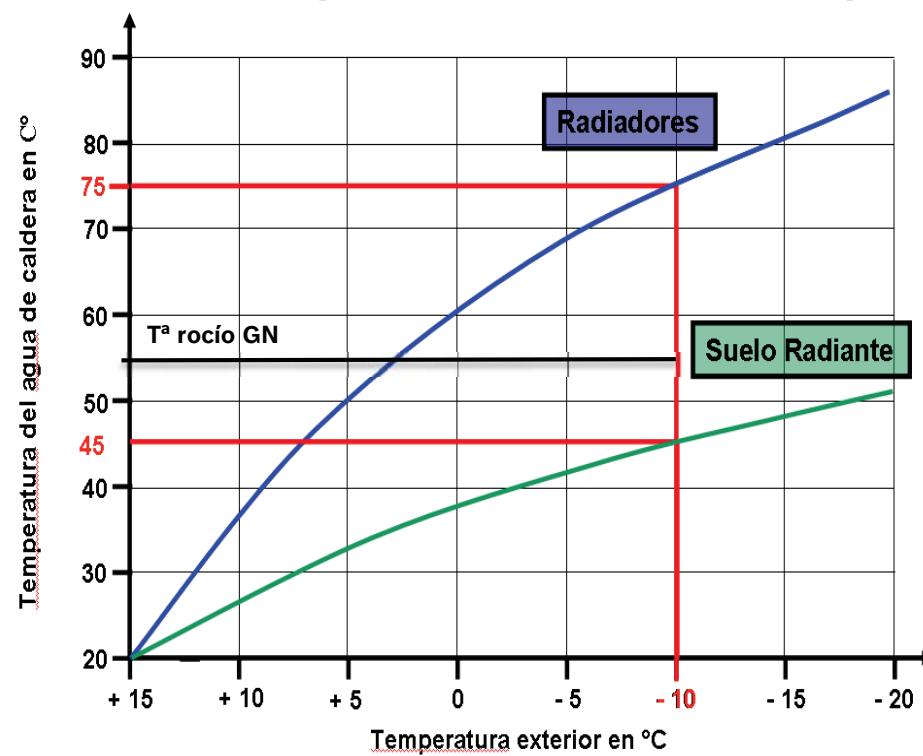
Caldera de Condensación



$$\eta=105,5\%$$

Regulación y control en condensación.

- ❖ La regulación juega un papel fundamental en el ajuste de la potencia a las necesidades térmicas de la instalación en cada momento.
- ❖ Regulación basada en **temperatura exterior** o en **temperatura de ida**.



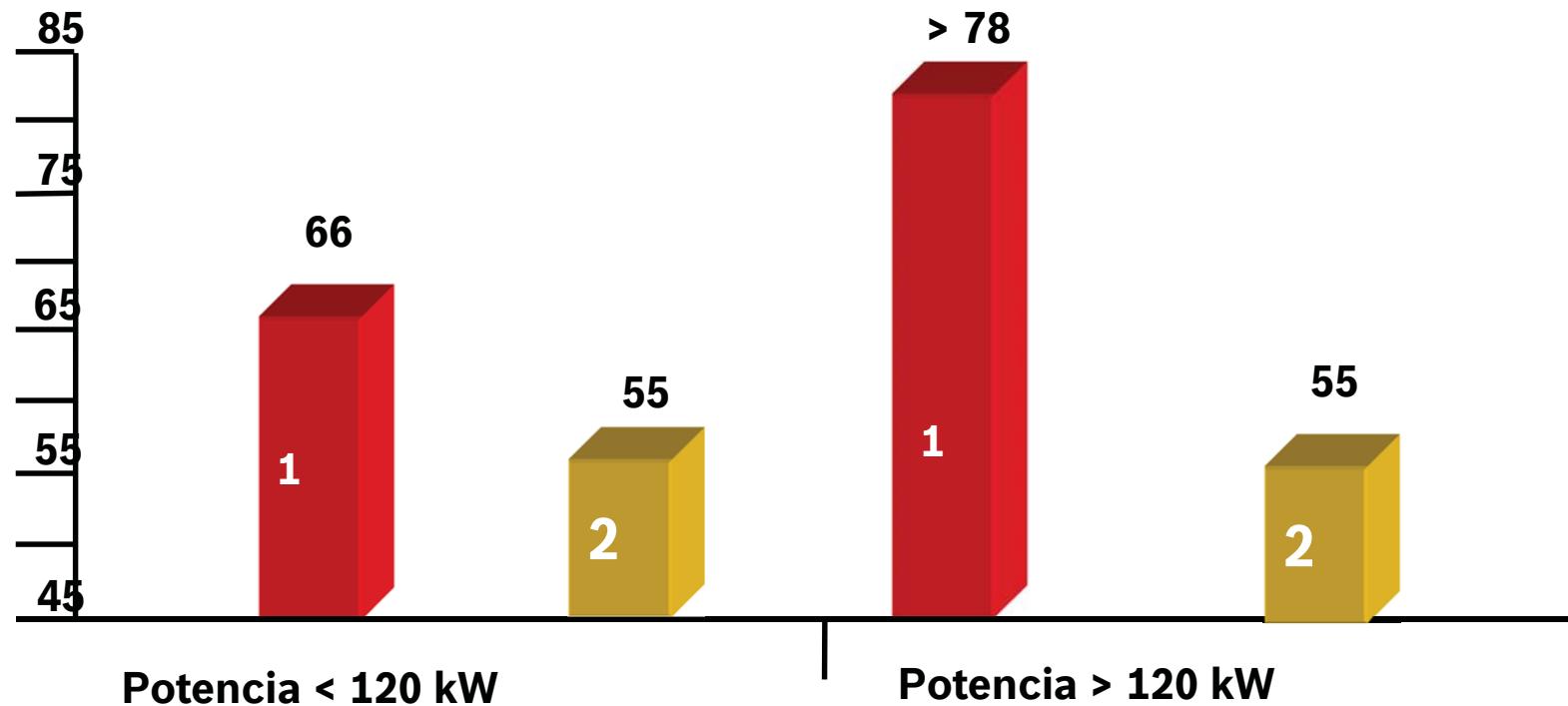
Uso de calderas en cascada

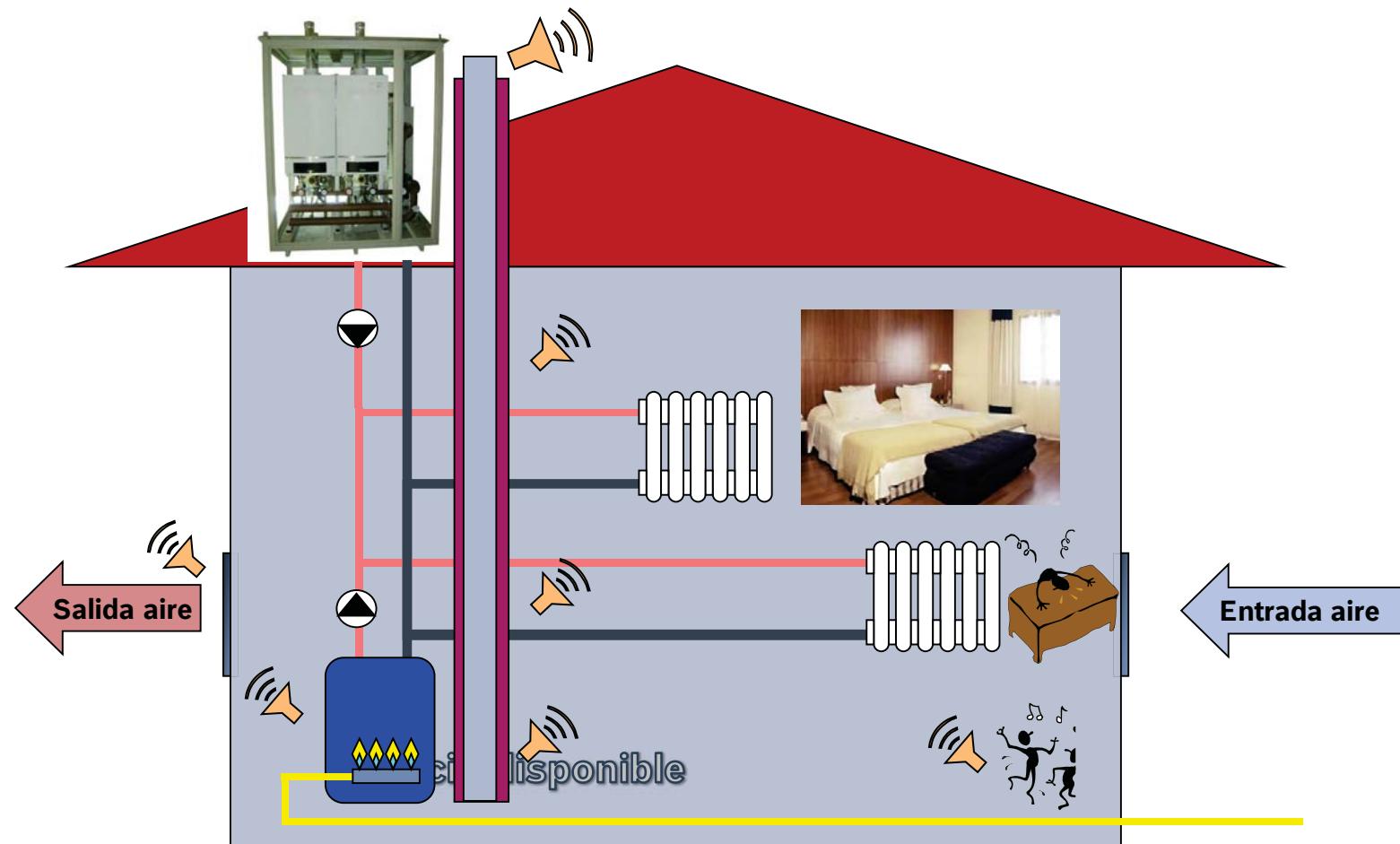
- Cuando los consumos no sean constantes a lo largo del tiempo...
- **Casos típicos: Hoteles, residencias de ancianos, polideportivos etc..**
- Mínimizar consumos en los arranques.
- Posibilidad de realizar mantenimiento de una de las calderas sin perder servicio.



1 = Caldera con quemador presurizado
2 = Logano plus GB 312

- Nivel de Ruido dB (A) (a 1 m del quemador y 1 m de nivel del suelo)







Gracias por su atención



Cristian León

Cristian.Leon@es.bosch.com

