



# Informe técnico

Dipl.-Ing. Matthias Raisch, Bosch Industriekessel GmbH



**BOSCH**

Innovación para tu vida

## Aprovechamiento del valor calorífico bruto

Gracias al empleo de la tecnología de calderas de condensación disponible y de acreditada eficiencia, los operadores de instalaciones de calderas de vapor o de agua caliente pueden reducir sus costes de explotación, además de aportar su grano de arena a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el cambio climático. Mediante el empleo consecuente de la tecnología de condensación, el sobrecoste que ésta supone se amortiza en menos de 2 años.

### **Poder calorífico, valor calorífico bruto y calor de condensación**

El poder calorífico („poder calorífico inferior“; H<sub>v</sub> o H<sub>i</sub>) es la energía desprendida en caso de una combustión total sí, a presión constante, los gases de combustión se enfrían a la temperatura de referencia. Sin embargo, el vapor de agua producida durante la combustión permanece en forma gaseosa. Por tanto, el poder calorífico indica sólo la cantidad de calor perceptible contenida en los gases de combustión, pero no la cantidad de calor acumulada en el vapor de agua.

El cálculo de los rendimientos se realiza tomando como referencia el poder calorífico del combustible en cuestión, ya que en épocas anteriores era absolutamente necesario dejar en forma gaseosa el vapor de agua contenido en los gases de combustión debido a las elevadas temperaturas de éstos, con el fin de impedir la condensación de los gases de combustión y la posible corrosión de la caldera o bien del sistema de gases de escape o la acumulación de hollín en la chimenea.

El valor calorífico bruto („poder calorífico superior“; H<sub>o</sub> o H<sub>z</sub>) es la energía que se entrega en el caso de una combustión total sí, a presión constante, los gases de combustión se enfrían a la temperatura de referencia. El valor calorífico bruto contiene además la energía que se libera por la condensación del vapor de agua contenido en los gases de combustión, el calor de condensación.

### **Fundamentos del aprovechamiento del valor calorífico bruto**

En la actualidad, el contenido de energía en el vapor de agua de los gases de escape puede aprovecharse con la tecnología de caldera de condensación. Hoy, el uso de materiales resistentes a la corrosión en los intercambiadores de calor y los sistemas de gases de combustión y chimeneas insensibles a la humedad permiten este aprovechamiento a largo plazo sin daños. Para el aprovechamiento del valor calorífico bruto es necesario extraer de los gases de combustión no sólo el calor sensible, sino en parte también el calor de condensación acumulado en el vapor de agua.

### Cambios de criterio en el empleo de combustibles favorece la tecnología de calderas de condensación

En Europa, el uso del óleo pesado como combustible ha experimentado en los últimos años un retroceso cada vez mayor (p. ej., el uso del óleo pesado como combustible en Alemania ya no está permitido desde 1986 por la TA-Luft (Normativa de Emisiones a la Atmósfera) para potencias de hogar < 5 MW).

De todas las calderas pirotubulares de hasta 20 MW instaladas en los dos últimos años en Alemania, el 25% se equipó con un hogar de gas, el 40% con uno de gas natural/gasóleo ligero donde se quema fundamentalmente gas, y un 35% con un hogar de gasóleo ligero.

Una protección medioambiental activa y soluciones técnicas para mejorar el aprovechamiento del valor calorífico bruto constituyen hoy los motivos principales del uso cada vez más frecuente del gas natural.

Si se comparan los indicadores relevantes para el aprovechamiento del valor calorífico superior de combustibles usuales, el gas natural ofrece el potencial de aprovechamiento más alto (véase Tabla 1).

El gas natural ofrece:

- ▶ El contenido más alto de agua en los gases de combustión
- ▶ El punto de rocío más alto de los gases de combustión
- ▶ El pH más alto del condensado de los gases de combustión

A diferencia del gasóleo EL se dispone de más calor de condensación a una temperatura de condensación superior; es decir, la condensación de los gases de combustión se produce ya a temperaturas superiores de los gases de combustión. Los gases de combustión que ésta origina no contienen prácticamente ni hollín ni azufre. Esto supone que el coste de limpieza de las superficies calefactoras sucias para conservar la efectividad y evitar anomalías funcionales es muy reducido. Dado que el pH del condensado de los gases de combustión es superior al del gasóleo EL, el coste de eliminación del condensado de los gases de combustión es inferior.

### Idoneidad del gasóleo de bajo contenido en azufre demostrada en el aprovechamiento del valor calorífico bruto

La creciente penetración en el mercado del gasóleo con bajo contenido en azufre conduce asimismo en el caso de este combustible a una demanda cada vez mayor de sistemas de calefacción de condensación.

El bajo contenido de azufre en el combustible (máximo 50 ppm = 0,005% en peso comparado con el 0,2% en peso de azufre en el gasóleo EL) favorece una combustión sin hollín ni residuos, de tal manera que es posible aprovechar la condensación de los gases de combustión incluso con el gasóleo de bajo contenido en azufre.

Ensayos llevados a cabo en el banco de pruebas han puesto de manifiesto que, si se respetan los intervalos previstos de limpieza del intercambiador de calor, también en el caso del gasóleo con bajo contenido en azufre puede lograrse una disponibilidad semejante a la lograda en el aprovechamiento del valor calorífico bruto de combustibles gaseosos.

La desulfurización, un paso adicional del proceso, hace que el uso del gasóleo con bajo contenido en azufre como combustible resulte algo más caro, pero, los costes superiores del combustible quedan más que compensados por el mayor rendimiento y el consecuente ahorro de combustible (añádase a ello que a partir de 2009 el tipo impositivo estará basado en el contenido de azufre, lo cual supondrá una ventaja fiscal respecto al gasóleo EL).

Si las calderas se equipan con hogares duales para la combustión opcional de gas natural o gasóleo EL (por ejemplo, en contratos de desconexión del gas que en períodos de frío intenso obligan al operador de la caldera a facilitar el funcionamiento temporal de la misma con gasóleo EL, el combustible sustituto), el intercambiador de calor de condensación se utiliza con un bypass o desvío de los gases de combustión.

**Tabla 1: Indicadores de los diferentes combustibles**

Combustible	Poder calorífico inferior ( $H_u$ ) [kWh/m <sup>3</sup> /kg]	Poder calorífico superior ( $H_g$ ) [kWh/m <sup>3</sup> /kg]	Relación $H_g/H_u$ [%]	Punto de rocío de los gases de combustión [°C]	Condensado teórico. [kg/kWh]	pH [-]
Gas Natural „H“	10,35	11,46	110,7	55,6	0,16	2,8 – 4,9
Gas Natural „L“	8,83	9,78	110,8	55,1	0,16	2,8 – 4,9
Propano	25,89	28,12	108,6	51,4	0,13	2,8 – 4,9
Butano	34,39	37,24	108,3	50,7	0,12	2,8 – 4,9
Gasóleo EL*	11,90	12,72	106,9	47,0	0,10	1,8 – 3,7**

\* Calidad EL „extra ligera“: contenido máximo de azufre en el combustible: 0,2% en peso

Calidad del gasóleo con bajo contenido en azufre: contenido máximo de azufre en el combustible 50 ppm = 0,005% en peso

\*\* pH del condensado de gasóleo con bajo contenido en azufre: 2,3–4,5

**El aprovechamiento del valor calorífico bruto permite alcanzar rendimientos superiores al 100% referidos al poder calorífico  $H_u$**

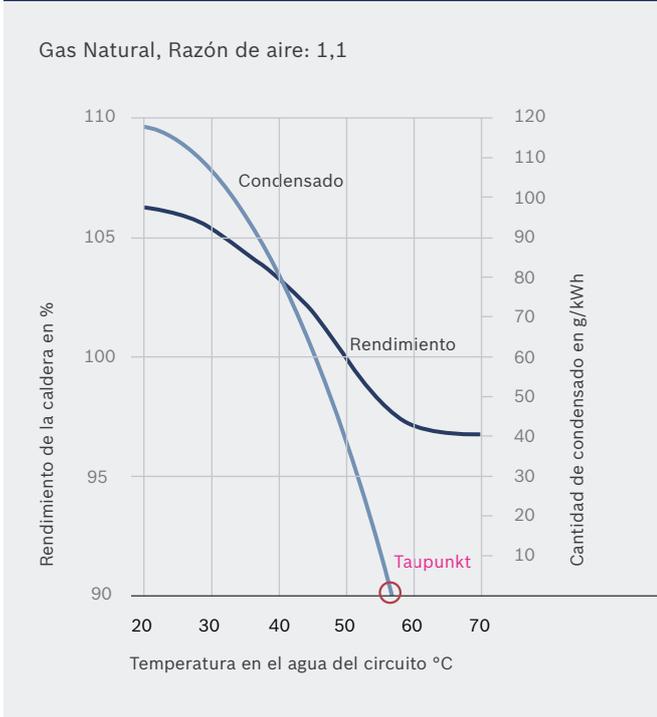
Para el aprovechamiento del valor calorífico bruto, los gases de combustión deben condensarse enfriándolos por debajo del punto de rocío. Para el aprovechamiento de este potencial, las superficies calefactoras y los sistemas de evacuación en contacto con los gases de combustión húmedos deben ejecutarse con acero inoxidable, material anticorrosivo.

Los gases de combustión deben enfriarse por debajo de su punto de rocío con intercambiadores de calor adecuados y con el agua del circuito lo más fría posible.

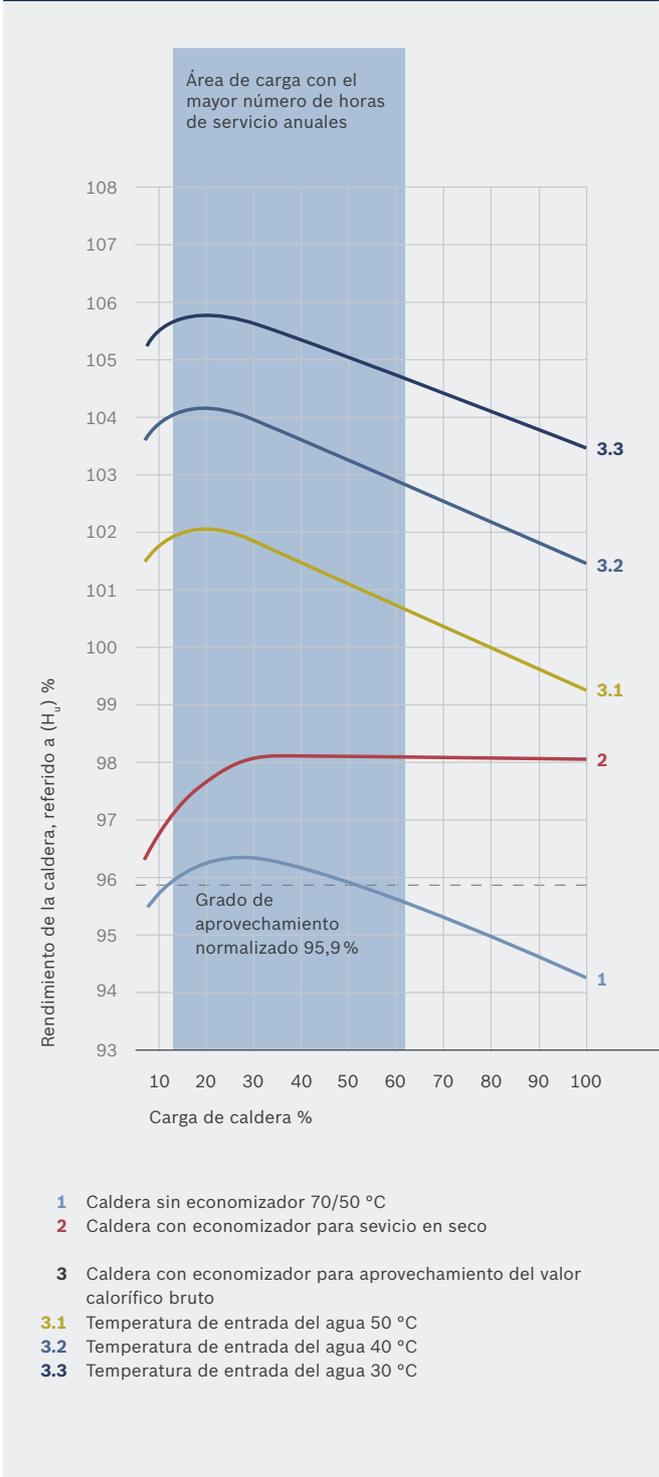
La Gráfico 1 muestra la influencia del punto de rocío de los gases de combustión y de la temperatura del agua de retorno en la cantidad de vapor de agua en condensación y en el rendimiento alcanzable de la caldera.

La Gráfico 2 muestra a modo de ejemplo curvas de rendimiento que indican el potencial de aprovechamiento del valor calorífico bruto. Gracias al aprovechamiento del valor calorífico bruto puede aumentarse notablemente el beneficio operativo y macroeconómico en el área de la producción de agua caliente/vapor. Respecto de los sistemas convencionales con los habituales economizadores, el aprovechamiento del valor calorífico bruto permite reducir en más del 10% la cantidad de combustible (y, por tanto, los costes) y la emisión de contaminantes. Por consiguiente, el aprovechamiento del valor calorífico bruto contribuye a la protección del clima, además de ofrecer la posibilidad de reducir las emisiones de  $CO_2$ .

**Gráfico 1: Influencia de la temperatura del agua del circuito en el rendimiento de la caldera y en la cantidad de condensado para gas natural (Ruhrgas)**



**Gráfico 2: Curva de rendimiento para aprovechamiento del valor calorífico bruto (Ejemplo: caldera de agua caliente con hogar de gas)**



- 1 Caldera sin economizador 70/50 °C
- 2 Caldera con economizador para servicio en seco
- 3 Caldera con economizador para aprovechamiento del valor calorífico bruto
- 3.1 Temperatura de entrada del agua 50 °C
- 3.2 Temperatura de entrada del agua 40 °C
- 3.3 Temperatura de entrada del agua 30 °C

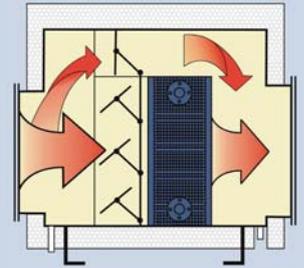
**Sistemas de aprovechamiento del valor calorífico bruto**

Las calderas de condensación y los calentadores de gas para potencias relativamente bajas, en la mayoría de los casos se construyen totalmente de acero inoxidable. Por motivos técnicos, y debido a los elevados costes, las calderas de agua caliente de gran potencia para calefacción de edificios y grandes complejos de inmuebles no se fabrican en acero inoxidable. Para el aprovechamiento de la tecnología de calderas de condensación éstas se equipan con economizadores especiales, de acero inoxidable, integrados en la caldera o instalados como módulo independiente (Figuras 1 y 2).

Gracias al diseño de recuperación del calor de los gases de combustión en dos etapas (véase Capítulo 9) en las instalaciones de calderas de vapor no se utilizan sistemas integrados; en estos casos se emplean economizadores de, acero inoxidable, como módulos independientes, que se ubican aguas abajo de la caldera en el lado de los gases de combustión (Figura 2).

El intercambiador de calor de los gases de combustión como módulo independiente es especialmente idóneo para adaptaciones posteriores. La caldera de agua caliente mostrada en la figura (Figura 1) presenta un diseño del tipo caldera pirotubular con un hogar y tres pasos con cámara posterior de inversión de gases de combustión totalmente refrigerada por agua. Gracias al diseño redondo funcionalmente favorable puede incorporarse aguas abajo de la gran superficie calefactora de radiación del hogar una gran superficie de calefacción por convección en el segundo y tercer tiros de salida de gases de combustión. De este modo, se logran ya grados de aprovechamiento normalizados superiores al 95% sin cuerpos de torsión en los tubos de humos y sin superficies secundarias de transferencia de calor.

Figura 2: Economizador para instalación independiente y equipamiento ulterior

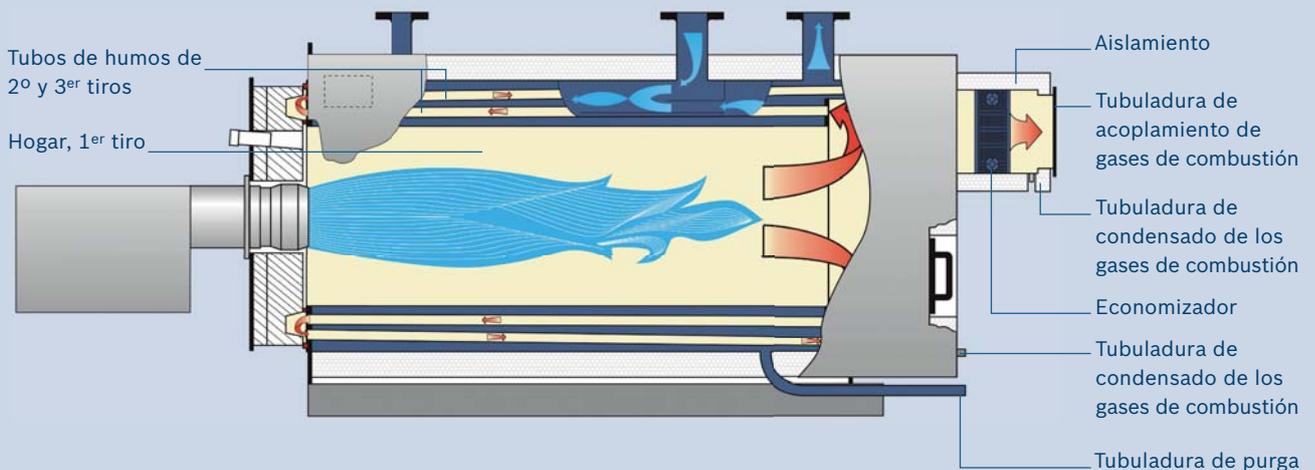


**Áreas de aplicación del aprovechamiento del valor calorífico bruto en instalaciones de agua caliente**

Hasta hace algunos años, el área central de aplicación del aprovechamiento del valor calorífico bruto se situaba en el ámbito de las pequeñas calderas de condensación y calentadores de gas para calefacción central y producción de agua sanitaria en pequeños bloques de viviendas y casas residenciales. Entre tanto, el aprovechamiento del valor calorífico bruto del gas ha hecho su entrada también en los sistemas de mayor envergadura.

En los sistemas pequeños se observa ahora el avance de los sistemas de condensación que utilizan como combustible el gasóleo (debido a la disponibilidad de gasóleo con bajo contenido de azufre). Es sólo cuestión de tiempo que el aprovechamiento del valor calorífico bruto del gasóleo se imponga también en potencias superiores.

Figura 1: Sección de una caldera de calefacción UNIMAT con economizador integrado



El alcance del aprovechamiento del valor calorífico bruto está determinado, sobre todo, por el sistema de calefacción y las temperaturas de trabajo reales del mismo. Los requisitos fundamentales son unos sistemas de calefacción en los cuales el agua sea recirculada en circulación directa a través de la caldera y los radiadores. Por otro lado, la caldera debe operar regulada por las condiciones atmosféricas para asegurar una regulación flexible del agua de la caldera. Los sistemas de calefacción por suelo radiante de nuevo diseño y los radiadores de baja temperatura con gran superficie son especialmente idóneos para calderas de condensación y para funcionamiento con la técnica de condensación durante todo el año.

Numerosas instalaciones antiguas están equipadas con radiadores sobredimensionados, e incluso a temperaturas más bajas se consigue en la mayor parte del período de calefacción una potencia calorífica suficiente de modo que les hace idóneos también para calderas de condensación. También para la zona de bajas temperaturas de los sistemas de calefacción con diferentes zonas térmicas vale la pena el aprovechamiento del valor calorífico bruto. En numerosos edificios se han realizado posteriormente obras de aislamiento térmico que permiten calentarlos correctamente con temperaturas inferiores. Durante la mayor parte del año se puede recurrir a las temperaturas de retorno para aprovechar la tecnología de calderas de condensación.

Los generadores de agua caliente a alta presión para sistemas cerrados de calefacción o sistemas de calefacción de distrito con circuitos de calefacción primarios para calefactado de estaciones domésticas y circuitos de calefacción secundarios conectados a éstos para calefactado de edificios operan en la mayoría de los casos con temperaturas de retorno superiores a los 100 °C, es decir, muy por encima del punto de rocío de los gases de combustión, de tal modo que no puede aplicarse la tecnología de calderas de condensación. Sin embargo, se utilizan economizadores

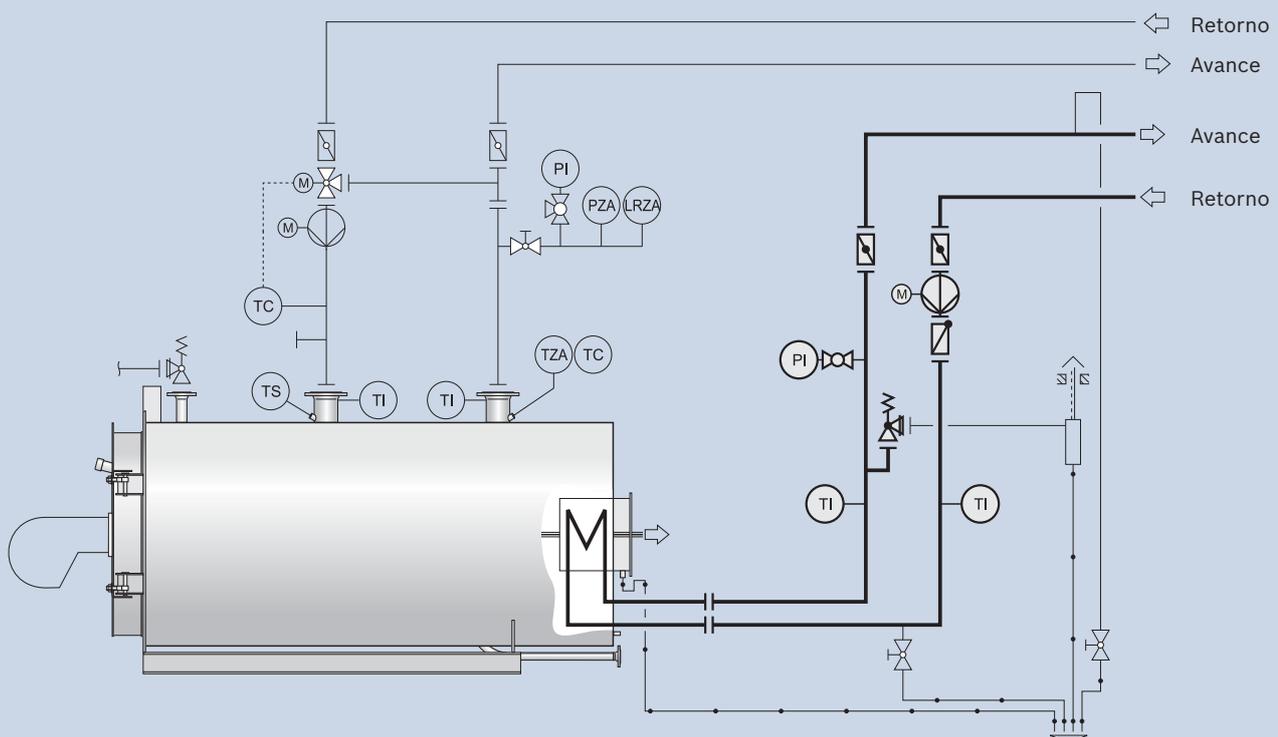
para el funcionamiento „en seco“ y, de este modo, se alcanzan rendimientos de la caldera de hasta el 98%. En este caso el aprovechamiento del valor calorífico bruto sólo es posible cuando la instalación de calefacción incorpore un circuito secundario de baja temperatura.

#### Interconexión hidráulica de intercambiadores de calor en instalaciones de calderas para agua caliente sanitaria

Se logra el máximo aprovechamiento del valor calorífico bruto con unas temperaturas de retorno lo más bajas posibles. El flujo de retorno de la red a las temperaturas más bajas (por debajo del punto de rocío de los gases de combustión del combustible) pasa a través de los intercambiadores de calor de condensación, lo cual produce condensación en las superficies de calefacción del intercambiador de calor. Los gases de combustión se enfrían, el circuito de calefacción a baja temperatura se calienta y el agua caliente de éste se alimenta de nuevo a la red de agua caliente sanitaria.

El módulo para mantenimiento de la temperatura de retorno mezcla el flujo de retorno hacia la caldera antes de la entrada en ésta con agua del circuito de alimentación hasta alcanzar la temperatura mínima necesaria, que es de 50 °C (Figura 3). Dentro de la caldera, mediante un inyector especial, situado en la vértice de ésta, se logra un flujo y mezcla homogéneos, lo que permite aprovechar plenamente la gama de regulación de los quemadores asignados, incluso de los modulantes. También en el área de cargas mínima y baja del quemador se logran prolongados tiempos de servicio del quemador con temperaturas bajas de los gases de combustión y un aprovechamiento óptimo del valor calorífico bruto. El módulo de mantenimiento de la temperatura de retorno evita que las temperaturas del agua de la caldera descienda por debajo del punto de rocío de los gases de combustión eliminando de este modo el peligro de corrosión dentro de la caldera.

Figura 3: Circuito hidráulico para aprovechamiento óptimo del valor calorífico bruto



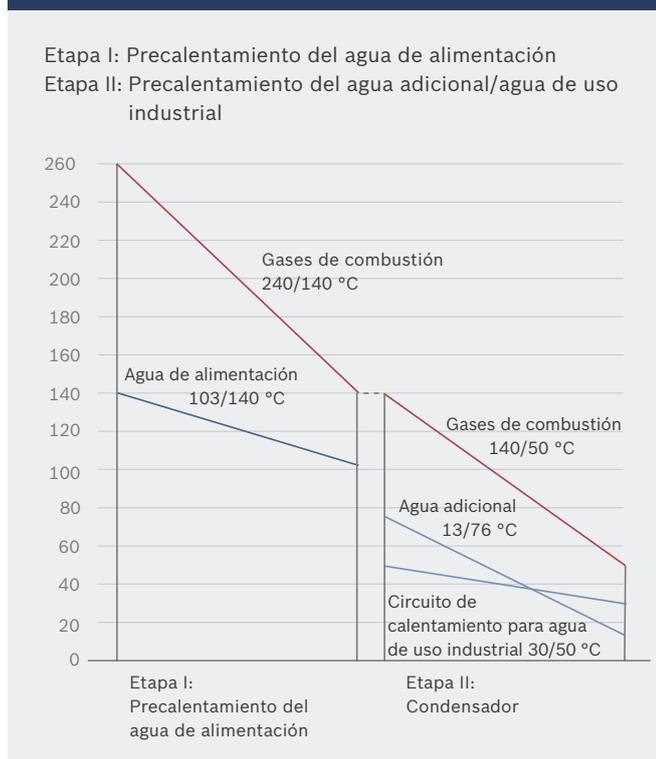
### Áreas de aplicación del aprovechamiento del valor calorífico bruto en instalaciones de calderas de vapor

En la mayoría de los casos, los generadores de vapor trabajan con temperaturas del medio comprendidas entre 150 y 200 °C y utilizan agua de alimentación desgasificada y temperaturas entre 85 y 105 °C. Debido a sus características físicas, las temperaturas de los gases de combustión de estas calderas de vapor están comprendidas entre 230 y 280 °C. Para reducir la pérdida de los gases de combustión se emplean economizadores para calentar el agua de alimentación. Para ello, se procede a enfriar los gases de combustión hasta alrededor de 130 °C, una temperatura situada todavía claramente dentro de la zona „seca“, por encima del punto de rocío.

Con este diseño energético no es posible aprovechar el valor calorífico bruto. Gracias al empleo de una segunda etapa de intercambiador de calor con receptores de baja temperatura puede lograrse un aprovechamiento del valor calorífico bruto también en generadores de vapor de alta presión (véase Gráfico 3). Este condensador de gases de combustión, al igual que todas las vías de gases de combustión y tuberías de drenaje situadas aguas abajo, se ejecuta en acero inoxidable, resistente a la corrosión.

Al contrario de los sistemas de calefacción en edificios, con unas temperaturas del circuito y de retorno claramente definidas, en la industria encontramos los más distintos sistemas de aplicación del vapor y de calentamiento. Ello hace que compitan entre sí los más distintos sistemas de ahorro energético y de recuperación de calor. Se requiere un análisis de todos los emisores y receptores de calor para encontrar la solución más rentable. Resulta imprescindible una estrecha interacción entre operador, diseñador y fabricante de la caldera para poder elegir las medidas más eficientes entre un sinfín de posibilidades.

**Gráfico 3: Temperaturas de los gases de combustión/agua con recuperación del calor de los gases de combustión en dos etapas**  
Temperatura de los gases de combustión/agua con una carga del 100 %

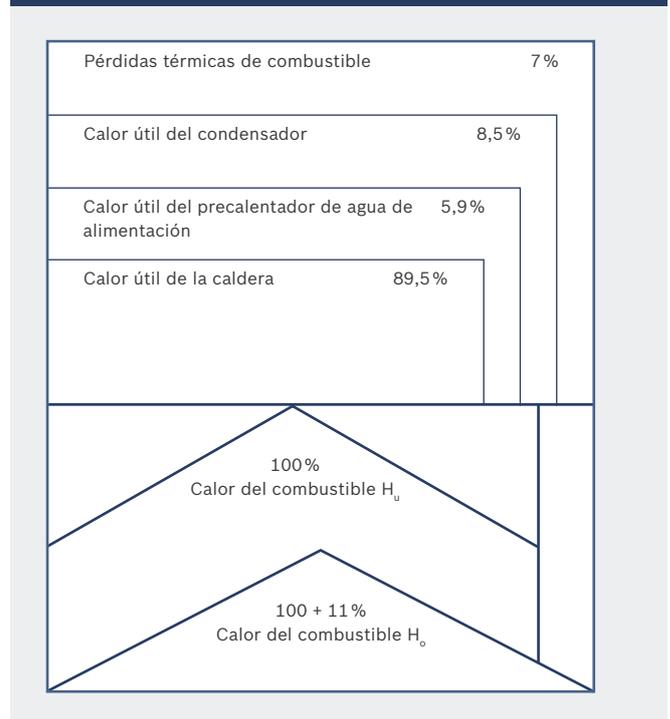


### Interconexión entre los intercambiadores de calor de condensación en instalaciones de calderas de vapor

En instalaciones de suministro de vapor se procura recuperar la mayor cantidad posible de condensado para aportarlo al agua de alimentación de la caldera. No obstante, existen sistemas en los cuales no se recupera ningún condensado debido al calentamiento directo del vapor (p. ej., producción de icopor, humectación del aire, industria panificadora) o porque se genera un condensado no reaprovechable cargado de impurezas. Además, se producen pérdidas por purga de sales y lodos, reevaporación y fuga. Tales pérdidas varían mucho. Pueden representar más de la mitad del vapor producido y deben sustituirse por agua adicional. En la mayoría de los casos, una vez acondicionada, el agua adicional está disponible a una temperatura máxima de 15 °C y resulta ideal para el precalentamiento en el condensador de los gases de combustión. La baja temperatura del agua entrante permite lograr una máxima condensación de los gases de combustión y el mayor aprovechamiento posible del valor calorífico bruto. En esta aplicación se da la máxima simultaneidad entre la disponibilidad del calor residual y la demanda de calor (véase Figura 4 – Variante A).

En numerosas empresas industriales, en concreto en la industria alimentaria, se necesitan grandes cantidades de agua de uso industrial. En estos casos, esta agua no dura puede precalentarse con un condensador de gases de combustión. Las temperaturas que alcanza esta agua se sitúan en aprox. 50–70 °C. Un calentamiento adicional del agua de uso industrial a temperaturas de extracción superiores puede realizarse con un intercambiador de calor calentado por vapor aguas abajo (véase Figura 4 – Variante B).

**Gráfico 4: Balance térmico de un generador de vapor con tecnología de caldera de condensación**



La Gráfico 4 muestra a modo de ejemplo el balance térmico de un generador de vapor de alta presión con economizador integrado para precalentamiento del agua de alimentación y un condensador de los gases de combustión situado aguas abajo para precalentamiento del agua de uso industrial y/o del agua adicional con un elevado factor de simultaneidad. Como pérdidas térmicas del combustible permanecen las pérdidas por conducción y radiación de la caldera, de los intercambiadores de calor y de las tuberías y la parte no aprovechable por las características físicas de la condensación de los gases de combustión (tamaño limitado de las superficies de calefacción).

#### Aprovechamiento del valor calorífico bruto: el sistema de gases de combustión

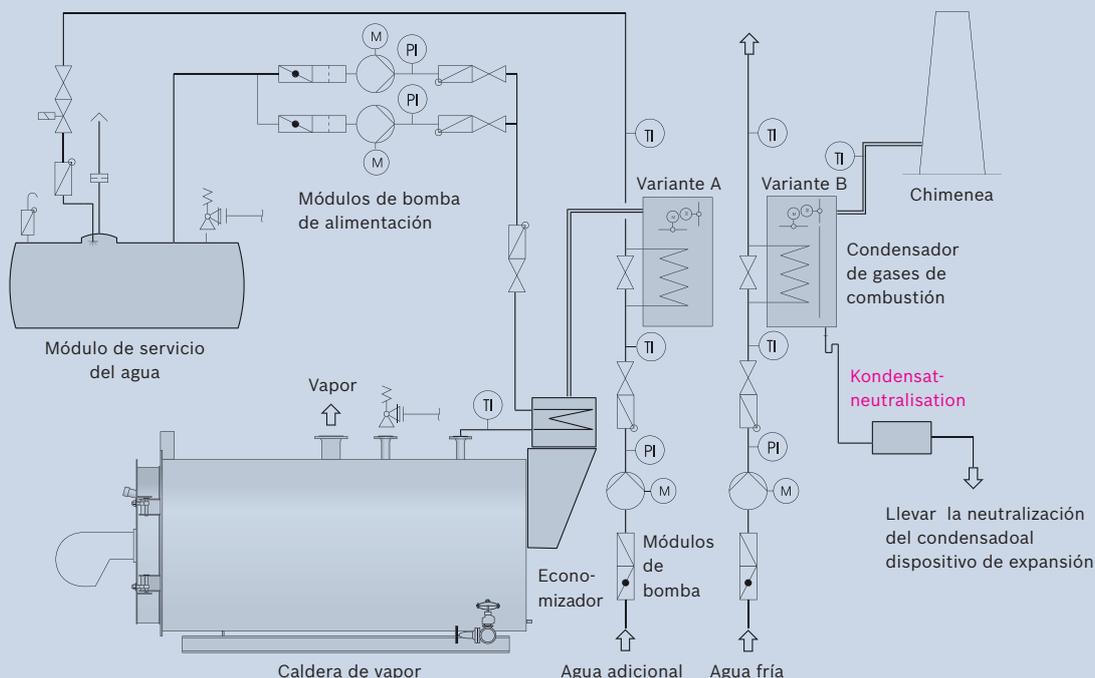
Todas las vías de gases de combustión que entran en contacto con los gases de combustión, susceptibles de condensación, deben ejecutarse en un material resistente a la corrosión y estanco al agua y a los gases de combustión. Las piezas envolventes del condensador de los gases de combustión así como de los conductos y las chimeneas, susceptibles de corrosión, se ejecutan casi siempre en acero inoxidable. Gracias al aprovechamiento del valor calorífico bruto se consigue bajar las temperaturas de los gases de combustión a aprox. 50 °C. El tiro natural de la chimenea no basta para evacuar de manera rentable los gases de combustión mediante vacío, como suele hacerse, a las vías de los gases de combustión. Por este motivo, el sistema de gases de combustión, incluida la chimenea, debe concebirse estanco a los gases de combustión para funcionamiento presurizado en el lado de dichos gases, con el fin de poder utilizar secciones reducidas. El quemador o bien el ventilador del aire de combustión del hogar de la

caldera debe proyectarse para superar todas las resistencias en el lado de los gases de combustión hasta la chimenea. Esto requiere un diseño, una revisión y una coordinación integrales.

#### Evacuación y neutralización del condensado

El condensador de los gases de combustión, los conductos de los gases de combustión y la chimenea deben equiparse con dispositivos de drenaje adecuados para la evacuación del condensado. Las cantidades teóricas de condensado se indican en la Tabla 1. Las cantidades de condensado realmente generadas dependen del grado de condensación, situándose en la mayoría de los casos entre el 40–60% de la cantidad teórica de condensación conforme a la Tabla 1. Medido con el pH, el grado de acidez de los líquidos, el condensado de los gases de condensación procedente de la combustión de gas natural posee un pH entre 2,8 y 4,9 o bien, en el caso del condensado procedente del gasóleo con bajo contenido en azufre, un pH entre 1,8 y 3,7. Las temperaturas del condensado se sitúan entre 25–55 °C. Para la evacuación del condensado al alcantarillado público deben observarse las ordenanzas municipales en materia de aguas residuales. La Asociación Alemana de Instalaciones de Aguas Residuales (ATV) ha publicado una ficha técnica que, para hogares con aprovechamiento del valor calorífico bruto a partir de una potencia calorífica de 200 kW, recomienda instalar un dispositivo de neutralización y mantener un pH > 6. Esta práctica varía enormemente en los distintos países y municipios. Para la neutralización, en el caso de pequeñas instalaciones, pueden emplearse filtros con relleno dolomítico renovable (cajas de granulado) y para las grandes instalaciones, recipientes con dosificadores de sosa cáustica (dispositivos de neutralización por líquidos) que eleven el pH de manera adecuada.

Figura 4: Esquema de conjunto de una instalación de caldera de vapor de alta presión con dos etapas de economizador (Economizador/Condensador de gases de combustión)



### Consideraciones sobre la rentabilidad

El ahorro de combustible y el plazo de amortización deben calcularse en cada caso concreto de acuerdo con los métodos conocidos, ya que es imposible hacer una afirmación general. Si se compara la inversión para una caldera de agua caliente convencional con la de una caldera de agua caliente con economizador de condensación integrado, deben considerarse los siguientes aspectos.

- ▶ Costes del economizador integrado, en acero inoxidable, en quemadores duales incluido bypass – y la integración hidráulica.
- ▶ Costes de evacuación del condensado y neutralización a partir de 200 kW.
- ▶ En su caso, costes de los conductos de los gases de combustión en acero inoxidable, siendo la chimenea, en la mayoría de los casos, de acero inoxidable.
- ▶ Por regla general, no se requieren costes adicionales para el hogar, compensándose el aumento de las resistencias en el lado de los gases de escape por la minimización del flujo de gases de combustión como consecuencia de la reducción del combustible requerido.

Teniendo presentes estos aspectos, y en comparación con una caldera convencional de agua caliente, sin chimenea, la inversión adicional que supone una caldera para agua caliente de 2,5 MW con condensador de gases de combustión integrado se sitúa en unos 20 000,00 euros. Con una carga media del 60%, estos costes quedan amortizados al cabo de 4 200 horas de servicio. Para este cálculo se ha tomado como base un rendimiento de la instalación de la caldera de condensación superior en tan sólo un 7,5% y un precio mixto del gas natural de 40 céntimos/m<sup>3</sup>.

### Potencial de aprovechamiento del valor calorífico bruto

En el área del suministro de calor local con conexión directa de todos los consumidores de calor existe un elevado potencial para el aprovechamiento del valor calorífico bruto que apenas ha sido aprovechado hasta la fecha. La realización de análisis adicionales de rentabilidad y estudios de viabilidad para la condensación de los gases de combustión en sistemas de calefacción locales llevaría en numerosos casos al resultado de que durante la mayor parte del período de calefacción la cantidad de calor necesaria se podría aportar también a un nivel de temperatura inferior y que en numerosos casos sería posible aprovechar el valor calorífico bruto. Las empresas suministradoras de calor mejorarían su competitividad y realizarían una aportación activa a la protección del medio ambiente.

Según los conocimientos actuales el aprovechamiento del valor calorífico bruto es posible también con los generadores de vapor de alta presión. Para ello se dispone de una acreditada tecnología. Es posible una extensa aplicación de la misma en la industria si el proyectista analiza a fondo las necesidades de los consumidores de calor y presta mayor atención al calentamiento escalonado con circuitos de calefacción de baja temperatura. Un diseño renovado de los proyectos de calefacción facilitaría a amplios sectores industriales que dependen del suministro de vapor el uso de la tecnología de calderas de condensación.

Tanto en instalaciones de agua caliente como en instalaciones de calderas de vapor, las inversiones adicionales necesarias se financian con la reducción del combustible requerido y al mismo tiempo se reducen las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Gracias a esta reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se realiza una aportación a la protección del medio ambiente.

Las instalaciones de producción:  
**Terrenos de la fábrica 1 Gunzenhausen**  
Bosch Industriekessel GmbH  
Nürnberger Straße 73  
91710 Gunzenhausen  
Alemania

**Terrenos de la fábrica 2 Schlungenhof**  
Bosch Industriekessel GmbH  
Ansbacher Straße 44  
91710 Gunzenhausen  
Alemania

**Terrenos de la fábrica 3 Bischofshofen**  
Bosch Industriekessel Austria GmbH  
Haldenweg 7  
5500 Bischofshofen  
Austria

[www.bosch-industrial.com](http://www.bosch-industrial.com)

© Bosch Industriekessel GmbH | Pictures only  
examples | Subject to modifications | 07/2012 |  
TT/SLI\_es\_FB-Brennwertnutzung\_01