

ECONOMIZADORES

La creciente competencia que existe hoy día obliga a las empresas a buscar alternativas para reducir los costos operacionales de sus procesos productivos.

Un costo de significativa importancia en la operación de las empresas es el correspondiente a los gastos en combustible asociados a la generación de vapor, considerando que las calderas están presentes en prácticamente todos los procesos productivos y, por ende, en una amplia gama del sector industrial (papeleras, cerveceras, curtiembres, textiles, procesadoras de alimentos, fábricas de neumáticos, entre otras).

Con la reciente incorporación del gas natural al país, sin embargo, es posible contar con una nueva alternativa para mejorar la eficiencia térmica de las calderas y de esa manera reducir los gastos en combustible.

Se trata de los economizadores, los que debido a los bajísimos contenidos de azufre (4 ppm) del gas natural, permiten recuperar una cantidad importante de calor de los productos de la combustión, sin provocar problemas de corrosión en las calderas o los ductos de evacuación de gases.

Hasta antes de la aparición de este gas en el país, los elevados contenidos de azufre en los combustibles generalmente utilizados - 1,5% en el petróleo residual y 2,0% en el carbón -, habían impedido considerar a los economizadores como un componente estándar de una caldera.

El Rol de un Economizador

Un economizador es un intercambiador de calor de tubos aletados, que permite recuperar parte del calor sensible de los productos de la combustión que emite una caldera, transfiriéndolo al agua de alimentación y aumentando de esta manera la eficiencia térmica.

La cantidad de calor que estos equipos pueden recuperar está limitada por el punto rocío ácido (temperatura de condensación componentes ácidos) de los productos de la combustión generados por el combustible utilizado en la caldera. El punto rocío ácido está determinado por el azufre contenido en el combustible (dióxido de azufre en los productos de la combustión).

En la tabla N° 1 se muestran los puntos de rocío ácido, las temperaturas mínimas en chimenea y las temperaturas del agua alimentación para diferentes combustibles.

Tal como se aprecia en esta tabla, al operar con gas natural es posible recuperar una mayor cantidad de energía de los productos de la combustión, puesto que es

posible llegar a temperaturas más bajas en chimenea, sin presentar problemas de corrosión ácida.

Combustible	Punto Rocío Ácido	Temp. Mínima Chimenea	Temp. Admisible Agua Alimentación
Gas Natural	65 °C	121 °C	100 °C
Petróleo Liviano	82 °C	135 °C	100 °C
Petróleo Bajo Azufre	93 °C	148 °C	104 °C
Petróleo Alto Azufre	110 °C	160 °C	115 °C

Tabla Nº 1: Puntos de rocío ácido, temperaturas mínimas recomendadas para los productos de la combustión y temperaturas admisibles del agua de alimentación para prevenir corrosión en economizadores, de acuerdo al tipo de combustible.

Diseño de un Economizador

En el diseño de un economizador se debe considerar una baja pérdida de carga, tanto en el lado agua como en el lado gases, para evitar que se produzcan problemas con la alimentación de agua y descarga de gases producto de la combustión.

Las velocidades del agua en un economizador generalmente fluctúan entre 0,3 a 1,5 m/s, permitiendo mantener la pérdida de carga del equipo por debajo del 5% de la presión de trabajo de la caldera.

Las velocidades de los productos de la combustión a través del economizador están limitadas por la pérdida de carga y las características abrasivas de la ceniza presente en estos gases. A modo de referencia para el caso de las calderas que utilizan carbón, se recomiendan velocidades de 9 a 11 m/s.

La cantidad de calor que puede ser recuperada por el economizador desde los productos de la combustión, estará limitada por la temperatura a la que se produce la ebullición del agua (dependiente de la presión de trabajo de la caldera) y el ya mencionado punto rocío ácido de los productos de la combustión.

En general, se recomienda calentar el agua hasta una temperatura que permita mantener una diferencia de 20 a 30° C de la temperatura de ebullición del agua (dependiendo del tamaño del economizador).

Los coeficientes de transferencia de calor de estos equipos dependen las velocidades y temperaturas del agua y los productos de la combustión. En general los coeficientes de transferencia de calor fluctúan entre 30 y 60 W/m²°K para economizadores con tubos aletados.

Las fórmulas que rigen la transferencia de calor en un economizador son las siguientes:

$$Q = U * A * DTML$$

Q : Calor transferido en el economizador.

U : Coeficiente global de transferencia de calor del economizador.
A : Superficie de calefacción del economizador.
DTML: Diferencia de temperatura media logarítmica.

$$Q_a = m_g * c_p * DT$$

Qa : Calor transferido al agua.
ma : Flujo másico de agua alimentación.
cp : Calor específico del agua.
DT : Diferencia de temperatura del agua entre la entrada y salida.
Del economizador.

$$Q_g = m_g * c_p * DT$$

Qg : Calor recuperado de los productos de la combustión
mg : Flujo másico de productos de la combustión.
cp : Calor específico de los productos de la combustión.
DT : Diferencia de temperatura de los productos de la combustión.
Entre la entrada y salida del economizador.

Ventajas de un Economizador

La principal ventaja o beneficio de un economizador es la importante reducción de los gastos en combustible, resultante del mejoramiento de la eficiencia de las calderas, lo que permite quemar una menor cantidad de combustible para aportar el calor requerido para generar vapor.

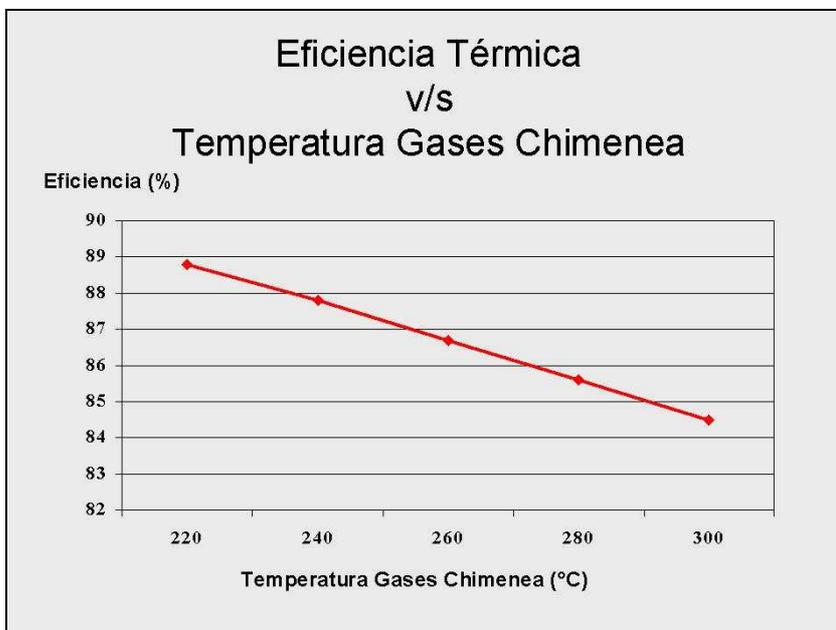


Gráfico N° 1: Eficiencia Térmica v/s temperatura producto de la combustión

En el gráfico N° 1 se observa cómo aumenta la eficiencia térmica de una caldera con la reducción de la temperatura de salida de los gases. A modo de referencia se puede señalar que por cada 50° C que se reduce la temperatura de salida de

gases, es posible lograr un aumento de la eficiencia de 1,5% y ahorros de combustible de 2,0%.

El hecho de requerir de una menor cantidad de combustible se traduce también en una reducción de las emisiones contaminantes de una caldera, puesto que éstas dependen de la cantidad de combustible quemado.

Finalmente, existen beneficios operacionales asociados al funcionamiento de la caldera con una temperatura del agua de alimentación más elevada. El hecho de alimentar una caldera con agua a una mayor temperatura permitirá operar con una presión más estable, reduciendo las fluctuaciones de presión presentes al realizar la alimentación de agua.

También evitará los choques térmicos producidos cuando el agua de alimentación a baja temperatura entra en contacto con las superficies calientes de la caldera.

Alcance del Proyecto

Para instalar un economizador en una caldera, ésta deberá contar con un sistema de alimentación continuo o modulante de agua, con lo cual se asegurará un flujo de agua permanente a través del economizador.

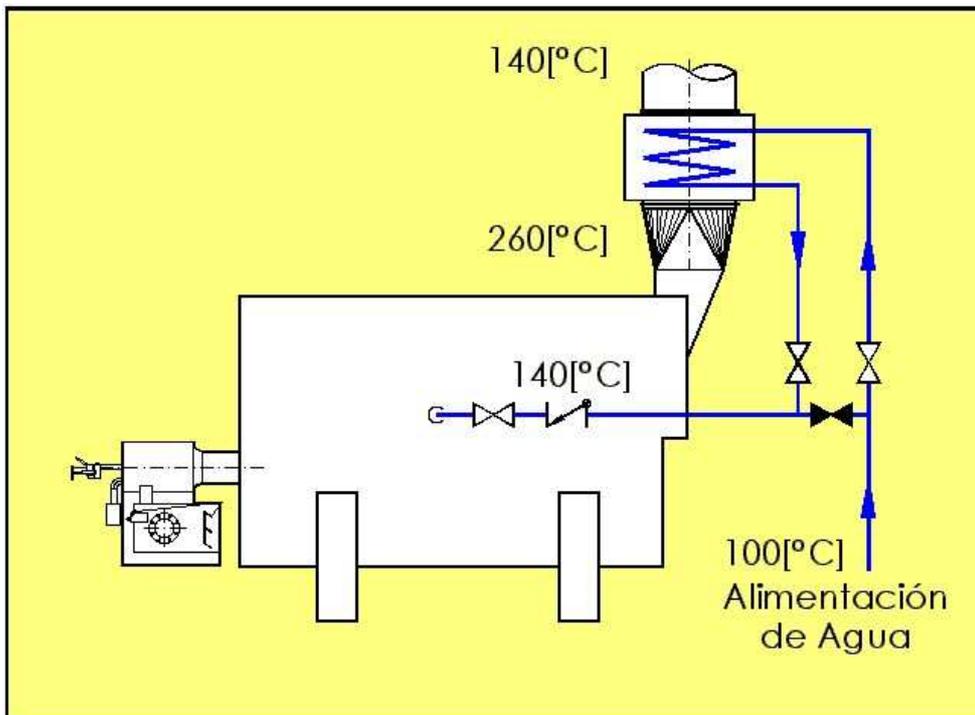


Figura N°1: Esquema instalación economizador en caldera.

Asimismo, el tamaño de la caldera determinará el costo de instalación de un economizador y el tiempo que demorará este proceso.

En la figura N°1 se muestra un esquema típico para la instalación de economizadores en calderas y en la figura N°2 se muestra una fotografía de un economizador fabricado por ECO, INC.

Las calderas “paquete” son las que se encuentran con mayor frecuencia en la industria nacional. En ellas, el costo de un economizador es bastante bajo y su instalación sumamente sencilla, ya que se trata de un equipo de forma cilíndrica y diseñado para instalarse directamente en la chimenea; siendo incorporado a la línea de alimentación de agua de la caldera, entre la descarga de las bombas y la entrada a la caldera.

La instalación de un economizador en una caldera “paquete” no debiera prolongarse más de 3 días.

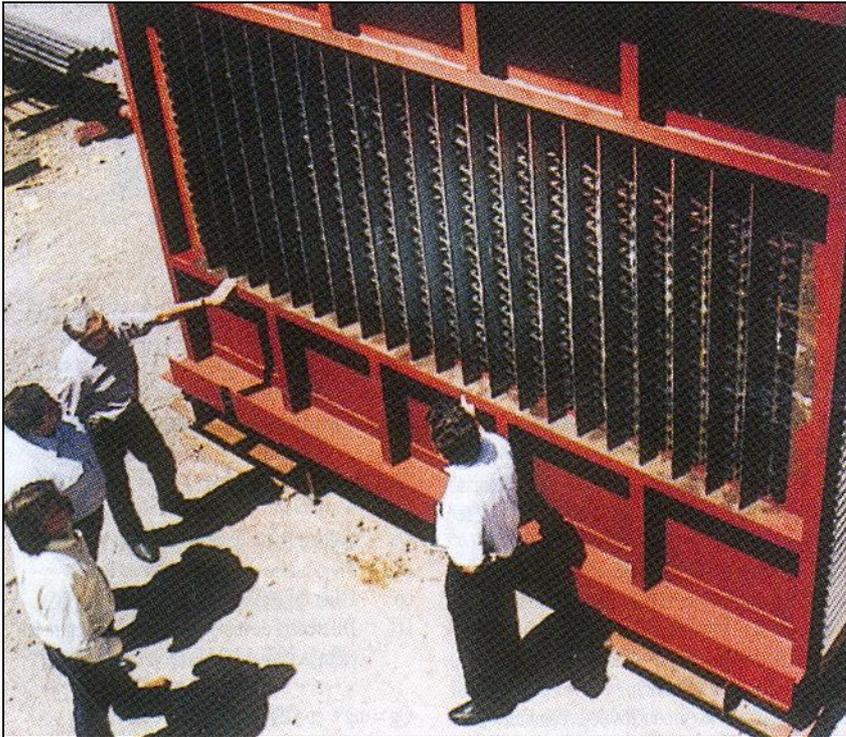


Figura N2: Economizador ECO, INC.

Análisis de Rentabilidad

A continuación se presenta un ejemplo con el análisis de rentabilidad del proyecto de instalación de un economizador en una caldera de 10 ton/h que opera con gas natural y posee una temperatura de salida de gases de 290° C.

- Se considerará para el gas natural un precio de 0,12 US\$/Nm³ y una temperatura de los productos de la combustión a la salida del economizador de 140° C.
- Para efectos del análisis, la caldera operará durante 24 horas del día y durante los 30 días del mes a un 85% de su capacidad nominal.
- El consumo mensual de gas natural será de aproximadamente 495.000 Nm³ y el gasto en combustible será de US\$ 59,400.

- La instalación de un economizador que permita reducir la temperatura de los productos de la combustión desde 290 a 140° C, traerá consigo un ahorro mensual de combustible del 6% (US\$ 3,564.00).
- El precio de un economizador para esta aplicación será de aproximadamente US\$ 16,000 y la instalación debiera considerar otros US\$ 4,000, con lo que la inversión es recuperada en menos de un año.

Comentarios

La llegada del gas natural a Chile entrega a las empresas que poseen calderas la posibilidad de utilizar los economizadores, una alternativa sumamente interesante para lograr una reducción en los costos operacionales de su sistema productivo.

Esta alternativa resulta además atractiva por tener un precio económico, siendo su instalación sencilla y la recuperación de la inversión bastante rápida.

Por otro lado, trae consigo beneficios operacionales y ambientales, ya que permite reducir las emisiones contaminantes de una caldera al disminuir los consumos de combustible.

Estos equipos son, por lo tanto, una excelente alternativa para realizar un uso eficiente de la energía, colaborando con la preservación del medio ambiente.

Arnulfo Oelker Behn
Consultor Procesos Térmicos
Thermal Engineering Ltda.