

# Para Reducir el NOx

*La recirculación de gases es un sistema efectivo y de bajo costo para abatir emisiones de NOx en calderas. Conozca algunos criterios para su aplicación.*

Disminuir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) en las calderas para cumplir con las regulaciones, muchas veces representa una tarea complicada para los industriales. Existen diferentes alternativas para abatir este contaminante: desde tecnologías altamente sofisticadas y efectivas, pero muy costosas; hasta otras opciones mucho más baratas y sencillas, pero que no son capaces de asegurar buenos resultados.

Una solución intermedia es la técnica de recirculación de gases, la cual combina el uso de equipos de bajo costo con algunos ajustes en las condiciones de operación de la caldera, para lograr resultados efectivos. Por lo mismo, es uno de los sistemas más utilizados para reducir NOx en los procesos de combustión a biomasa y carbón.

El siguiente artículo muestra los criterios básicos para su aplicación en todo tipo de calderas, obtenidos a partir de un caso concreto.

## Exceso de Aire

La experiencia a describir se realizó en una caldera a biomasa y fue desarrollada por la empresa Energías Industriales.

El ingeniero Pedro Pablo Cuevas explica que el NOx se genera cuando el aire, (conformado por un 79% de nitrógeno y un 21% de oxígeno) ingresa a una caldera y las altas temperaturas oxidan las moléculas de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y en monóxido de nitrógeno (NO).

Advierte que abatir el NOx es un desafío técnico difícil porque va de la mano con la eficiencia de un equipo. *“La generación de este gas depende de la temperatura y del tiempo de residencia del aire en la caldera: mientras mayores son estos factores, se produce más cantidad de NOx. Por ello, cuando un equipo es muy eficiente suele tener un alto nivel de este contaminante”,* comenta.

Añade que con la recirculación de gases se reemplaza una parte del aire de combustión y se logra bajar la temperatura, con lo cual se aminoran las emisiones de NOx.

Luego, Cuevas describe la implementación de este sistema en la caldera a biomasa, mediante lo cual va señalando una serie de consideraciones a tener en cuenta para su correcta aplicación.

El primer paso fue conectar un ventilador para captar los gases aguas abajo del precipitador electrostático. Con ello se evita el contacto con material particulado que podría dañar el ventilador.

Tras eso los gases captados se reincorporan a la zona de la segunda parrilla para sustituir un porcentaje del aire primario de combustión. Los gases que se recirculan contienen menos de un 9% de oxígeno y están a una temperatura aproximada de 160 °C, lo cual ayuda a secar el combustible que aún pueda estar húmedo.

*“El principal cuidado que se debe tener aquí es controlar el exceso de aire. Al incorporar los gases, se reduce la cantidad de oxígeno disponible, y si se maneja el proceso adecuadamente se puede lograr una mezcla más rica a menor temperatura. De este modo, se reduce el NOx”,* explica el especialista de Energías Industriales.

Agrega que esta técnica tiene otra ventaja: al requerirse menos aire externo también baja el caudal final, que es uno de los factores que incide en el cálculo de las toneladas de NOx. Cabe recordar que la norma chilena expresa que las emisiones de



NOx deben medirse en toneladas por año (ton/año), para lo cual establece la siguiente fórmula:

$$NOx \text{ (ton/año)} = \frac{NOx \text{ (ppmv)} * pNOx \text{ (kg/m}^3) * Q_{std} \text{ (m}^3\text{/h)} * \text{Horas año}}{10^6}$$

Donde:

- $Q_{std}$  = Caudal normalizado en Nm<sup>3</sup>/h
- $pNOx$  = Densidad del NOx a 25°C y 760 mm H<sub>2</sub>O (1,88 kg/m<sup>3</sup>)
- Horas año = Las horas en que la caldera funciona en el año
- ppmv = Partes por millón en volumen

Entonces, si el caudal estándar es menor, se reducirá también la cantidad de toneladas de NOx. Sobre este escenario, en la experiencia descrita se logró abatir las emisiones de este gas en un 17,8%.

Cabe destacar además que al controlar el exceso de aire y bajar el caudal de gases calientes eliminados a la atmósfera, se producen menos pérdidas de energía y se evita afectar significativamente la eficiencia de la caldera como suele ocurrir con los sistemas de recirculación.

## ¿Cuánto Recircular?

El caso desarrollado por Energías Industriales muestra que otro paso muy relevante en la implementación de estos sistemas es calcular la cantidad de gases a recircular, ya que si se utilizan en exceso, la falta de oxígeno perjudicaría la combustión. Además, hay que tener en cuenta que las emisiones de monóxido de carbono (CO) pueden subir exponencialmente.

Cuevas señala que la EPA recomienda recircular entre un 5% y 15% del caudal total de gases. Y luego entrega una recomendación práctica: *“Se recircula hasta que la caldera genera 100 ppm de CO, que es el máximo permitido para este contaminante. Luego se mide el porcentaje de caudal de gases al que se llegó y se anota la velocidad a que operó el ventilador”.*

De ese modo se obtienen los datos necesarios para hacer funcionar el sistema de manera eficiente y efectiva.