

La operación con Petróleo Pesado en la RM es posible!!!

En el presente artículo, se analizan los sistemas de control de emisiones, que permiten utilizar petróleo pesado o carbón como combustible en calderas y hornos en la Región Metropolitana, cumpliendo con la legislación vigente.

Introducción

La reducción en el suministro de gas natural desde Argentina, el elevado precio de combustibles de respaldo como el LPG y Diesel, sumado a los elevados precios del gas natural licuado, hacen interesante la evaluación del uso de petróleos pesados o carbón en calderas y hornos de la RM.

El precio de combustibles como el petróleo pesado y el carbón es significativamente inferior al del petróleo Diesel, LPG o gas natural licuado (futuro).

No obstante lo anterior, tanto el carbón como el petróleo pesado presentan emisiones de material particulado, SOx y NOx, que exceden las normas vigentes y por lo tanto no podrían ser usados en la RM sin haber implementado previamente sistemas de control de emisiones.

Legislación Vigente

Las restricciones para las emisiones de material particulado, SOx, CO y a partir del próximo año NOx, son las siguientes:

1) Material Particulado

De acuerdo a los artículos 11 y 12 del Decreto Supremo N°16, las restricciones para las emisiones de material particulado de fuentes estacionarias puntuales (caudal productos combustión $\geq 1000 \text{ Nm}^3/\text{h}$), son las siguientes:

- a) *Las fuentes estacionarias puntuales no podrán emitir material particulado en concentraciones superiores a $112 \text{ mg}/\text{Nm}^3$, mediante el muestreo isocinético definido en el 5° decreto N°32 de 1990 del Ministerio de Salud y el numerando 2° del decreto 322 de 1991, del mismo Ministerio.*
- b) *Las fuentes estacionarias puntuales existentes no podrán emitir más de las cantidades calculadas de acuerdo a la siguiente fórmula, a menos que*

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

compensen la diferencia de emisiones mayor a la autorizada con otras fuentes puntuales existentes.

$$E.D. \text{ (Kg/día)} = \text{Caudal (Nm}^3\text{/h)} \times 0,000032 \text{ (Kg/m}^3\text{)} \times 24 \text{ (hrs/día)}$$

El caudal es el correspondiente a los productos de la combustión generados en la condición de plena carga de la fuente.

- c) *Los excesos de aire máximos para los combustibles disponibles para ser usados en Calderas son los siguientes:*

<i>Gas Natural</i>	<i>= 10 %</i>
<i>Diesel</i>	<i>= 20 %</i>
<i>Fuel Oil 5</i>	<i>= 40 %</i>
<i>Fuel Oil 6</i>	<i>= 50 %</i>

Estos valores de exceso de aire serán utilizados para corregir las emisiones de material particulado medidas de acuerdo a la norma CH-5.

- d) *Las fuentes cuyas emisiones de material particulado sean inferiores a 32 mg/Nm³ y 28 mg/Nm³ no deberán paralizar en estados de preemergencia y emergencia ambiental respectivamente.*

Sobre la base de este Decreto Supremo, es posible concluir que la emisión máxima aceptada para calderas, que operan las 24 horas del día, es de 32 mg/Nm³.

Por otro lado es necesario que su emisión no supere los 28 mg/Nm³, para poder operar en períodos de preemergencia y emergencia ambiental.

La emisión de material particulado, operando con petróleo residual o carbón, debiera ser de unos 200 a 250 mg/Nm³, valor que supera en casi 9 veces el límite establecido para no paralizar en estados de emergencia ambiental.

2) Óxidos de Azufre

En relación a las emisiones de SO_x el Decreto Supremo N°58, publicado el 29.01.04 en el Diario Oficial, establece una emisión máxima de 30 nanogramos por Joule (0.03 mg/J) respecto del Poder Calorífico inferior de los combustibles, para el caso de fuentes estacionarias.

De acuerdo a lo indicado en el Artículo 35 de este Decreto Supremo, la entrada en vigencia de esta restricción a las emisiones de SO_x fue el 29.01.2005.

Esta limitación no es aplicable para fuentes estacionarias, que utilicen petróleo Diesel, gas natural, gas licuado, biogas o gas de ciudad, en cuyo caso regirá la norma correspondiente para el monóxido de carbono.

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

La tabla presentada a continuación muestra los límites de emisión para los combustibles residuales considerados como alternativos para el gas natural y el petróleo Diesel:

Parámetro	FO N°5	FO N°6
Emisión máxima	30 ng/J	30 ng/J
Poder Calorífico Inferior	9800 Kcal/Kg	9800 Kcal/Kg
Poder Calorífico Inferior	41000000 J/Kg	41000000 J/Kg
Emisión máxima c/r Petróleo)	1.23 gr/Kg	1.23 gr/Kg
Emisión máxima (c/r Productos Combustión)	0.08 gr/Nm ³	0.08 gr/Nm ³

Las emisiones de SO_x dependerán solamente del contenido de azufre del combustible, el 95 % corresponde a SO₂, 1 - 5 % se transforma en SO₃ y 1 - 3 % es emitido como partículas de sulfato.

Dados los actuales contenidos de azufre en los petróleos residuales (1.0 %) es imposible cumplir con los límites establecidos para las emisiones de SO_x, sin considerar un sistema de abatimiento.

El contenido de azufre en el petróleo debería ser inferior a 0.06 % para poder obtener una emisión inferior a 1.23 gr/Kg (30 ng/J).

3) Monóxido de Carbono

A contar del 29 de Enero de 2005 comenzaron a regir además los artículos 31 al 34 del Decreto Supremo N°58, que hacen referencia a las restricciones a las emisiones de monóxido de carbono (CO).

Estos artículos establecen una emisión máxima para fuentes estacionarias de 100 ppm en volumen base seca corregido al 3 % de oxígeno, la que será verificada a través de la Norma CH 3 – A.

A modo de referencia deseamos señalar que un 3 % de oxígeno, equivale aproximadamente a un 15 % de exceso de aire.

Esta restricción no es aplicable a turbinas a gas y generadores electrógenos.

La verificación del cumplimiento con esta norma será realizada cada 12 meses, por laboratorios autorizados por el SESMA.

4) Óxidos de Nitrógeno

En relación al NO_x el Decreto Supremo N°58 establece en sus Artículos 43, 44 y 45, que a partir de Agosto de 2007 deberá reducirse en 33 % las emisiones respecto de la cantidad emitida en el año 1997.

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

El mismo Decreto Supremo estable una reducción de un 50 % para el año 2010, respecto de la emisión del año 1997.

A modo de referencia, hemos incluido en la tabla N°1, valores referenciales para las emisiones de NOx en calderas de los tamaños comúnmente usados en las Industrias de la RM.

Parámetro	GN	Diesel	FO N°5	FO N°6
Emisión instantánea	129 mg/Nm ³	210 mg/Nm ³	436 mg/Nm ³	436 mg/Nm ³
Emisión instantánea	103 ppm	162 ppm	335 ppm	335 ppm

Tabla N°1: Valores referenciales emisiones de NOx, según EPA AP-42.

Tanto al utilizar gas natural como petróleo Diesel, no deberían existir problemas para alcanzar los límites mostrados en la anterior tabla.

Por otro lado, cabe señalar que para cumplir con estos límites utilizando petróleo pesado o carbón, sería necesario implementar técnicas para reducir su formación o bien abatir su emisión.

SISTEMAS CONTROL DE EMISIONES

A continuación se describen las alternativas existentes, para reducir las emisiones de partículas y gases, y de esa manera permitir el uso de petróleo pesado en la RM.

A) Sistemas Para Reducción De Material Particulado

Las alternativas existentes para reducir las emisiones de material particulado, al operar con petróleo N°6 o carbón, son las siguientes

- Multiciclones
- Precipitador electrostático
- Filtro de mangas
- Scrubber

Los multiciclones son generalmente utilizados para reducir las emisiones de material particulado en calderas que utilizan combustibles sólidos, ya que, su eficiencia es muy baja cuando el tamaño de las partículas es pequeño (menor a 3 µm).

Los precipitadores electrostáticos pueden alcanzar eficiencias de separación de un 90 %, pero su elevadísimo costo hace que estos equipos sean utilizados solamente en aplicaciones de gran tamaño, como son las plantas termoeléctricas y las calderas de las plantas de celulosa.

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

También están los *scrubbers* o lavadores de gases, los cuales son utilizados para reducir las emisiones de material particulado y también de SO₂, alcanzando eficiencias de separación de 50 a 80 % para las partículas y 90 a 90 % para este gas.

Los scrubbers tienen el inconveniente, que en caso de ser utilizados para controlar las emisiones de material particulado, generan una gran cantidad de riles, que deben ser tratados.

Finalmente están los filtros de mangas, que poseen eficiencias de separación superiores a un 99 %, valor que depende de una serie de factores tales como: granulometría, resistencia eléctrica y cohesión de las partículas.

Los filtros de mangas son los equipos utilizados con mayor frecuencia en calderas paquete, presentes en la mayoría de las industrias de la RM, ya que, son la alternativa más conveniente desde el punto de vista de las inversiones, costos de operación y eficiencia.



Figura N°1 Filtro de Mangas

B) Reducción Óxidos de Azufre

Los sistemas de desulfurización de los productos de la combustión, utilizan compuestos alcalinos para absorber el SO₂ y producir sulfatos de sodio o calcio, los que posteriormente son eliminados en separadores de partículas.

Los procesos de desulfurización son clasificados en secos, semi-secos o húmedos, dependiendo de la forma en la que el compuesto abandona el recipiente donde es absorbido el SO₂.

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

Los procesos regenerables o no regenerables, dependiendo si los compuestos pueden ser recuperados y re-utilizados o no.

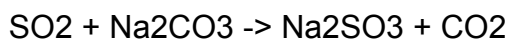
Los procesos húmedos regenerables de desulfurización tienen en general un potencial de eliminación del SO₂ superior al 95 %, poseen una mínima descarga de agua y pueden incluso llegar a producir un producto sulfuroso que puede ser vendido.



Figura N°2: Scrubber para SOx.

Los scrubbers consisten en una torre empaquetada por la cual se hace circular los productos de la combustión, generados por una caldera u horno, en contraflujo con agua a la cual se han dosificados químicos (Na₂CO₃) capaces de absorber el azufre.

La reacción química total resultante son las siguientes:



En la figura N°3 hemos incluido en forma esquemática una instalación con un scrubber.

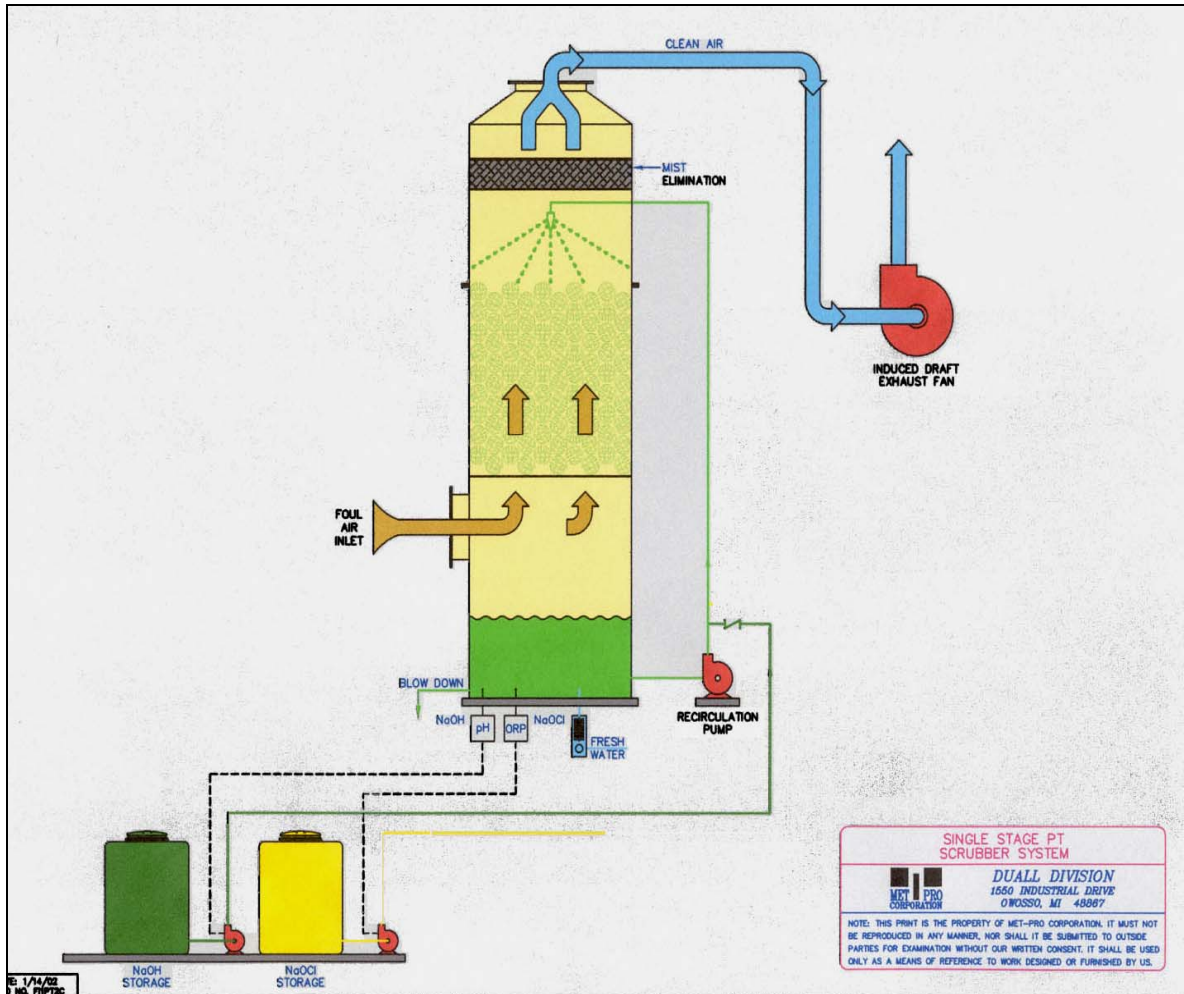


Figura N°3: Scrubber para SO2 (esquema).

La dosificación del químico, que reaccionará con el SO₂, se controla mediante el pH de la solución (agua reciclada en contraflujo con los productos de la combustión).

C) Reducción Óxidos de Nitrógeno

En relación a la reducción de óxidos de nitrógeno existen básicamente dos mecanismos, el primero tiene relación con la reducción de la generación y el segundo con la destrucción del NO_x que se ha formado.

El primer mecanismo tiene relación con el diseño del quemador (y la cámara de combustión), el cual considerará mecanismos como la recirculación de gases desde la chimenea, la alimentación del combustible y/o el aire en etapas, para reducir la formación del NO_x térmico, principal componente del NO_x emitido.

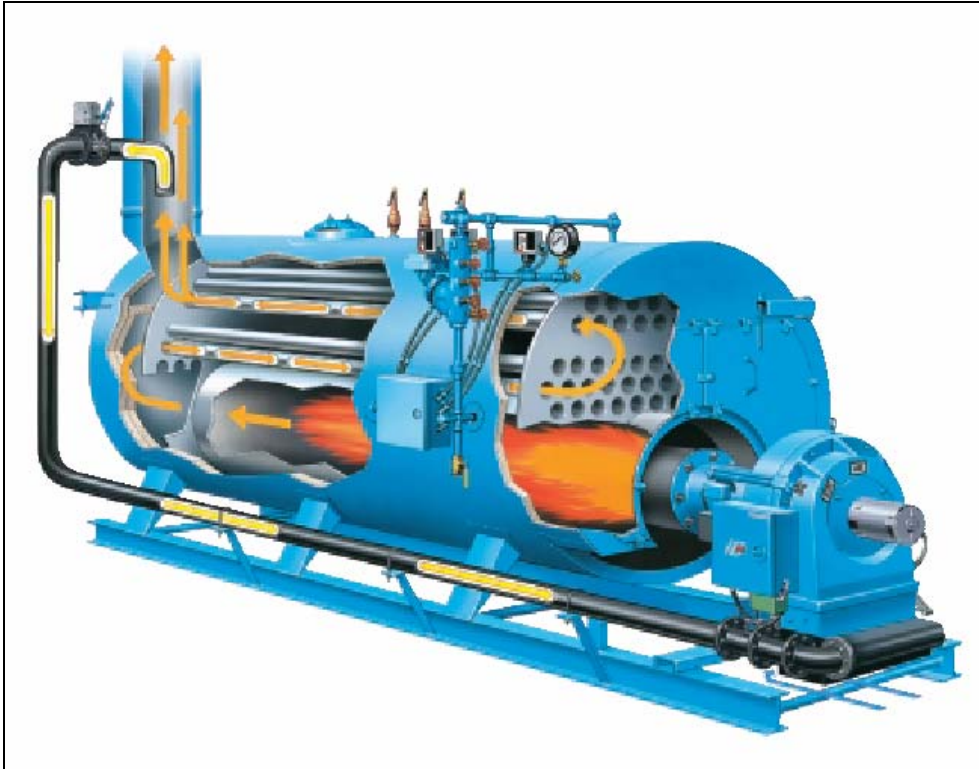


Figura N°4: Caldera con quemador de bajo NOx (recirculación de gases)

La anterior figura permite mostrar en forma esquemática en que consiste el sistema de recirculación de gases desde la chimenea, para reducir la formación de NOx.

Este mecanismo basa su efectividad en la utilización de productos de la combustión inertes, para enfriar la llama y con ello reducir la formación de NOx térmico.

Las reducciones en las emisiones de NOx conseguidas con este sistema son de aproximadamente un 30 % y son aplicables principalmente para quemadores que usan combustibles gaseosos.

El segundo mecanismo tiene dos alternativas.

La primera es una técnica de post combustión y contempla la inyección en la cámara de combustión de amoníaco o urea, las que reaccionan con el NOx formando N₂ y agua.

La efectividad de este mecanismo depende de la temperatura donde son inyectados estos compuestos, mezcla de estos compuestos con los productos de la combustión, tiempo de residencia, razón de compuesto a NOx y el contenido de azufre del combustible, que puede generar depósitos sulfurados.

Este procedimiento no es muy común y las reducciones en las emisiones de NOx, que es posible alcanzar fluctúan entre 25 y 40 %.

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

La segunda alternativa para reducir las emisiones de NOx posterior a su generación, consiste en la inyección de amoníaco a los productos de la combustión con presencia de un catalizador, para lograr la reducción a N2 y agua.

La efectividad de este mecanismo de reducción de emisiones depende de la temperatura de los productos de la combustión, contenido de azufre del combustible, razón de amoníaco a NOx, concentración de entrada de NOx, velocidad de los productos de combustión y estado del catalizador.

En general es posible conseguir reducciones en las emisiones de NOx de 75 % a 85 % en calderas que usan petróleo pesado.

También es posible utilizar scrubbers para la eliminación del NOx, estos equipos tienen una eficiencia del 99 %, sin embargo, en aplicaciones que involucren combustión (calderas y hornos), el alto consumo de químicos lo hace anti-económico.

Existe una última alternativa, que tiene relación con la reducción de la presencia de nitrógeno en el combustible y por lo tanto apunta a disminuir la formación de "NOx del combustible" o bien la inyección de agua al petróleo.

Este último mecanismo permitió alcanzar reducciones de 30 % en las emisiones de NOx en ensayos realizados considerando una inyección de 9 % de agua al petróleo.

Tal como fuera señalado en el capítulo anterior, no existen problemas para alcanzar los límites del año 2007 y 2010 si se usa gas natural o petróleo Diesel.

En el caso de usar petróleo pesado deberá considerarse la utilización de catalizadores.

Comentarios

Tal como se describe en el presente artículo, existen sistemas de control de emisiones, que hacen posible la utilización en la RM de combustibles alternativos al gas natural, como el carbón y petróleo, cuyos precios son muy inferiores a los del petróleo Diesel.

En industrias con elevados consumos y restricciones en el suministro de gas natural como las del año pasado, las inversiones en estos sistemas pueden ser recuperados en períodos inferiores a 1 año.

La opción de utilizar petróleo pesado o carbón, no es solo una alternativa atractiva para escenarios de restricción en el suministro de gas desde argentina, sino que también son interesantes cuando se dispongo de gas natural licuado, cuyo precio se estima equivalente al actual del petróleo Diesel.

ARTÍCULO TÉCNICO

SISTEMAS CONTROL EMISIONES PARA OPERACIÓN CON PETRÓLEO EN LA RM

Arnulfo Oelker Behn
aoelker@thermal.cl