

**Proyecto de directrices sobre las
mejores técnicas disponibles y
las mejores prácticas
ambientales**

Técnicas comunes

Técnicas comunes

Técnicas comunes para disminuir las emisiones

En este capítulo se brinda información general sobre las técnicas de control aplicables a todas las categorías de fuentes puntuales enumeradas en el anexo D. En el capítulo que trata sobre el sector en cuestión se brinda información adicional específicamente pertinente para cada sector.

A fin de tener en cuenta todas las posibles opciones pertinentes para el sector de interés, es necesario tener en cuenta tanto las técnicas comunes que se describen en la presente sección como las técnicas específicas que se describen para cada sector.

Las emisiones de mercurio unidas a partículas pueden captarse en diversa medida mediante dispositivos de eliminación de los polvos. La mayoría de las técnicas de eliminación del polvo generalmente se aplican en todos los sectores. El grado de control del mercurio está sujeto al estado químico y la forma del mercurio; por ejemplo, si está oxidado o es elemental. En la mayoría de los casos el mercurio elemental no es captado en los dispositivos de eliminación del polvo: la eficiencia de eliminación de estos dispositivos se puede potenciar oxidando el mercurio gaseoso. Las técnicas usadas más comúnmente para la reducción del polvo son filtros de bolsa y precipitadores electrostáticos.

Una técnica común en todos los sectores para la eliminación específica de mercurio es emplear carbón activado, ya sea inyectado en la corriente de los gases de combustión o en un lecho filtrante. Para mejorar la eficiencia de eliminación del carbón activado se pueden emplear agentes oxidantes (por ejemplo, inyectados en la corriente de gas de combustión o adsorbidos al carbón activado).

Filtros textiles

Los filtros de bolsa (filtros de tela, filtros textiles) utilizan la filtración para separar el polvo en suspensión de los gases. Representan uno de los tipos más eficientes y eficaces en función de los costos de los dispositivos captadores de polvo disponibles y pueden lograr una eficiencia de captación superior a 99,99% para materiales particulados muy finos. Los gases entran en el dispositivo filtrante y pasan a través de las bolsas textiles. Las bolsas pueden estar hechas de diferentes materiales (por ejemplo, algodón tejido o fieltro, material sintético o de fibra de vidrio) según las propiedades de los gases de combustión.

Para mejorar su capacidad para filtrar el polvo y potenciar su duración, con frecuencia el material filtrante se recubre. El material más común es la piedra caliza inerte (carbonato de calcio). Este material aumenta la eficiencia de la captación de polvo mediante la formación de una denominada torta de filtración. La torta de filtración mejora la captación de materiales particulados finos y brinda protección al propio material filtrante frente a la humedad o partículas abrasivas. Sin un recubrimiento previo, el material filtrante permite que el particulado fino exuda a través del sistema de filtración, especialmente durante el inicio, debido a que la bolsa solo puede realizar parte de la filtración y deja las partes más finas a la torta de filtración potenciadora del filtro.

El mercurio gaseoso principalmente pasará a través de un filtro de bolsa. Por consiguiente, para aumentar la eficiencia del proceso, en la medida de lo posible el mercurio gaseoso debe convertirse a su forma oxidada, la cual puede unirse a las partículas. La eficiencia del filtro de bolsa puede aumentarse de diferentes maneras; por ejemplo, uniéndola a una inyección de sorbente seco o semiseco (deshidratación por aspersión), y proporcionando filtración adicional y una superficie reactiva sobre la torta de filtración.

Precipitadores electrostáticos

Los precipitadores electrostáticos utilizan fuerzas electrostáticas para separar las partículas de polvo de los gases de escape. Los gases cargados de polvo fluyen a través del pasaje formado por los electrodos de descarga y captación. Las partículas en suspensión en el aire reciben una carga negativa a medida que pasan a través del campo ionizado entre los electrodos. Estas partículas cargadas son atraídas hacia un electrodo conectado a tierra o cargado positivamente y se adhieren a este. El material captado en los electrodos se elimina sacudiendo o vibrando los electrodos captadores, ya sea continuamente o a intervalos predeterminados. Generalmente los precipitadores pueden limpiarse sin interrumpir el flujo de aire.

Los principales factores que afectan la eficiencia de captación de los precipitadores electrostáticos son la resistividad eléctrica y la distribución del tamaño de partícula. Otros factores que influyen son la temperatura, la tasa de flujo de los gases de combustión, el contenido de humedad, los agentes condicionantes en la corriente de gas o un aumento de la superficie captadora.

Un precipitador electrostático húmedo funciona con corrientes de aire saturadas de vapor de agua (100% de humedad relativa). Los precipitadores electrostáticos comúnmente se emplean para eliminar pequeñas gotas

líquidas, como la neblina de ácido sulfúrico, de las corrientes gaseosas de procesos industriales. El precipitador electrostático también se usa comúnmente en los casos en que los gases presentan un alto contenido de humedad, contienen material particulado combustible o tienen partículas de consistencia pegajosa.

Depuradores húmedos

Se emplean dos tipos diferentes de depuradores húmedos, uno principalmente para desempolvar y el otro para eliminar compuestos gaseosos ácidos.

En los depuradores húmedos para desempolvar, el líquido depurador (generalmente agua) entra en contacto con una corriente de gas que contiene partículas de polvo. El contacto vigoroso del gas y las corrientes líquidas genera una elevada eficiencia de eliminación del polvo. La humidificación produce la aglomeración de partículas finas, lo cual facilita su captación. Entre los ejemplos de esos depuradores figuran los depuradores Venturi, los depuradores Theissen o los depuradores de flujo radial. La eficiencia de eliminación del polvo de esas unidades puede ser superior a 98%, pero la concentración final del polvo es relativamente alta (más de 5 mg/Nm³).

Los depuradores húmedos dedicados principalmente a la eliminación de compuestos gaseosos ácidos (frecuentemente del tipo de torre de aspersión) eliminan contaminantes como el dióxido de azufre, el cloruro de hidrógeno y el ácido clorhídrico. Se emplea una solución para absorber los compuestos. Generalmente limpian el gas que previamente ha sido desempolvado.

Normalmente los gases “limpios” expelidos por ambos tipos de depuradores pasan a través de un eliminador de neblina para eliminar las gotas de agua de la corriente de gas. El agua que sale del sistema depurador se limpia y descarga, o se recicla de vuelta al depurador.

La absorción del mercurio elemental se puede mejorar agregando a la solución del depurador compuestos de azufre o carbón activado (Miller *et al.*, 2014).

La precipitación es otra medida que suele emplearse para eliminar el mercurio oxidado presente en las aguas de depuración. Los compuestos de azufre pueden servir como agente de floculación agregado al agua de depuración para convertir eficientemente el mercurio soluble en un compuesto insoluble. Para unir el mercurio directamente después de su conversión en la fase líquida, otra posibilidad es añadir carbón activado al agua de depuración (Bittig, 2014).

Puede producirse una nueva emisión de mercurio cuando compuestos reductores, como el sulfito, están presentes en el agua de depuración. En este caso, el mercurio se puede convertir nuevamente en mercurio elemental y puede volver a emitirse (Keiser *et al.*, 2014). Esto puede evitarse asegurando la presencia de iones con los que el mercurio puede reaccionar para formar compuestos, como fluoruro, cloruro, bromuro o yoduro.

Resumen de los dispositivos de eliminación del polvo

En el cuadro 1 se brinda información sobre eficacia de los dispositivos de eliminación del polvo

Cuadro 1.

Eficacia de los dispositivos de eliminación del polvo expresado en concentraciones medias de polvo por hora

	Concentraciones de polvo tras la eliminación (mg/m³)
Filtros textiles	< 1 a 5
Filtros textiles, tipo membrana	< 1
Precipitadores electrostáticos secos	< 5 a 15
Precipitadores electrostáticos húmedos	< 1 a 5
Depuradores de polvo de alta eficiencia	< 20

Fuente: extraído de *Guidance document on best available techniques for controlling emissions of heavy metals and their compounds from the source categories listed in Annex II to the Protocol on Heavy Metals (ECE/EB.AIR/116, 2013)*¹

¹ Obsérvese que existe un problema en relación con los niveles de oxígeno empleado como sustituto para la cantidad de disolución que tiene lugar, y ello se debe investigar ulteriormente.

Sorbentes y agentes oxidantes

El carbón activado es un sorbente eficaz para la captación de mercurio a partir de los gases de combustión. El carbón activado se puede inyectar en el gas de combustión en la etapa inicial de los dispositivos de eliminación de polvo, los filtros de bolsa o los precipitadores electrostáticos, o el gas de combustión se puede distribuir por todo el lecho filtrante de carbón. La eficacia del carbón activado para el control del mercurio depende de la temperatura. Específicamente, la capacidad de captación o eliminación de mercurio de un sorbente determinado aumenta en la medida que la temperatura de los gases de combustión disminuye. La temperatura de los gases de combustión viene determinada primordialmente por el diseño de la planta y factores de funcionamiento. Con sujeción a las características específicas de la planta, como son los constituyentes de los gases de combustión y el funcionamiento del dispositivo de control de polvo, la eliminación del mercurio es relativamente eficaz a menos de 175°C con el carbón activado estándar. Existen sorbentes especiales de carbón activado a altas temperaturas para la captación de mercurio a más de 175°C y generalmente hasta 350°C.

Todos los carbones activados son combustibles y, bajo ciertas condiciones, son autoinflamables y explosivos. El riesgo de incendio y explosión depende de las características de ignición y explosión del producto pulverizado, así como del proceso y las condiciones de la planta. El carbón activado de calidad ha sido altamente procesado y posee un menor riesgo de incendio y explosión que el carbón de baja calidad. No obstante, los carbones parcialmente activados pueden requerir una manipulación especial. El adsorbente se debe seleccionar cuidadosamente y utilizar acorde con una adecuada orientación sobre manipulación, que incluya equipo para prevenir incendios y explosiones (por ejemplo, evitar las corrientes de aire de baja velocidad a través de los lechos, evitar los depósitos de gran volumen durante el proceso mediante la descarga continua y monitorizada desde las tolvas para evitar riesgos de incendio, y un buen servicio de limpieza para eliminar los derrames). La disolución del carbón con material inerte puede suprimir la posibilidad de explosión. En aplicaciones en las que se añade carbón activado a las corrientes de gas que contienen poco polvo generado en el proceso podría ser ventajoso mezclar carbón con sorbentes no combustibles (Licata *et al.*, 2007; Derenne *et al.*, 2008).

La captación de mercurio puede potenciarse agregando agentes oxidantes (o sea, halógenos) al gas de combustión o empleando carbón activado impregnado con halógenos o azufre. Estas técnicas se describen más detalladamente en los capítulos relativos al sector pertinente. Existe el posible riesgo de que como resultado pudiesen aparecer dioxinas y furanos, especialmente en los productos derivados, por ejemplo, en las cenizas y los fangos. Esto se debe tener en cuenta.

Los desechos de carbón activado se deben manipular de conformidad con el artículo 11 (Desechos de mercurio) y acorde con cualesquiera reglamentaciones nacionales pertinentes.

En el cuadro 2 se muestra la eficacia mínima prevista de las técnicas de carbón activado para la eliminación de mercurio.

Cuadro 2

Eficacia mínima prevista de las técnicas de carbón activado para la eliminación de mercurio expresado como concentraciones medias de mercurio por hora

	Contenido de mercurio tras la eliminación (mg/m ³)
Filtro de carbón	<0,01
Filtro de carbón impregnado con azufre	<0,01
Inyección de carbón + separador de polvo	<0,05
Inyección de carbón activado bromado + separador de polvo	0,001

Fuente: extraído de Guidance document on best available techniques for controlling emissions of heavy metals and their compounds from the source categories listed in annex II to the Protocol on Heavy Metals (ECE/EB.AIR/116, 2013)

El grado de control de mercurio en el cuadro 2 depende en gran medida del estado químico y la forma del mercurio (por ejemplo, si está oxidado o unido a partículas), y de la concentración inicial. La aplicación de estas medidas está sujeta a los procesos específicos y su pertinencia es mayor cuando las concentraciones de mercurio en el gas de combustión son elevadas. En los documentos que tratan sobre los sectores se ofrecen ejemplos de niveles de eficacia de técnicas sencillas o combinadas.