



Hoja de Datos - Tecnología de Control de Contaminantes del Aire

Nombre de la Tecnología: Filtro de Tela - Tipo Limpieza con Sacudimiento Mecánico
 - Tipo Limpieza con Sacudimiento Mecánico y Mejorada con Bocina Sónica
 (Referido como Casa de Bolsas)

Tipo de Tecnología: Dispositivo de Control - Captura/Disposición

Contaminantes Aplicables: Materia Particulada (MP), incluyendo materia particulada de diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micras (μm) (MP_{10}), materia particulada de diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 μm ($\text{MP}_{2,5}$) y contaminantes peligrosos del aire (CPA), en forma particulada, tales como la mayoría de los metales (el mercurio es la excepción notable, porque una porción significativa de las emisiones son en forma de vapor elemental).

Límites de Emisión Alcanzables/Reducción:

Las eficiencias típicas de diseño en equipo nuevo son del 99 y al 99,9%. Los equipos viejos existentes tienen un rango de eficiencias de operación actuales del 95 al 99,9%. Varios factores determinan la eficiencia de recolección de los filtros de tela. Estos incluyen la velocidad de filtración del gas, las características de las partículas, las características de la tela y el mecanismo de limpieza. En general, la eficiencia de recolección aumenta al incrementar la velocidad de filtración y el tamaño de las partículas.

Para una combinación dada de polvo y de diseño del filtro, la concentración de partículas en el efluente de un filtro de tela es casi constante, mientras que es más probable que la eficiencia total varíe con la carga de sustancias particuladas. Por esta razón, los filtros de tela pueden considerarse equipos de control de concentración de salida constante mas bien que de equipos de eficiencia constante. La concentración constante del efluente se obtiene porque, en un momento dado, parte de los filtros de tela están siendo limpiados. Como resultado de los mecanismos de limpieza utilizados en los filtros de tela, su eficiencia de recolección está cambiando constantemente. Cada ciclo de limpieza remueve al menos parte de la plasta de polvo y afloja las partículas que permanecen en el filtro. Cuando se reinicia la filtración, la capacidad de filtrado ha sido disminuida porque se ha perdido parte de la plasta de polvo y las partículas sueltas son forzadas a través del filtro por el flujo del gas. A medida que las partículas son capturadas, la eficiencia aumenta hasta el siguiente ciclo de limpieza. Las eficiencias promedio de recolección de los filtros de tela se determinan usualmente por pruebas que abarcan un número de ciclos de limpieza a carga de entrada constante (Ref. EPA, 1998a).

Tipo de Fuente Aplicable: Punto

Aplicaciones Industriales Típicas:

Los filtros de tela pueden funcionar muy efectivamente en muchas aplicaciones diferentes. En la Tabla 1 se presentan aplicaciones comunes de los sistemas de filtros de tela con limpieza por sacudimiento mecánico; sin embargo, los filtro de tela pueden ser utilizados en casi cualquier proceso en el que se genere polvo y pueda ser recolectado y conducido por conductos a una localidad central. En aplicaciones con materia

particulada densa, tales como calderas de termoeléctricas, procesamiento de metales y productos minerales, generalmente se utiliza limpieza por sacudimiento mecánico mejorado con bocina sónica.

Tabla 1. Aplicaciones Industriales Típicas de los Filtros de Tela Limpiados por Sacudimiento Mecánico (Ref. EPA, 1998a)

Aplicación	Source Classification Code (SCC) (Código de Clasificación de la Fuente en EE.UU.)
Calderas de Termoeléctricas (Carbón)	1-01-002...003
Procesamiento de Metales No Ferrosos (Primario y Secundario:	
Cobre	3-03-005, 3-04-002
Plomo	3-03-010, 3-04-004
Zinc	3-03-030, 3-04-008
Aluminio	3-03-000...002 3-04-001
Producción de Otros Metales	3-03-011...014 3-04-005...006 3-04-010...022
Procesamiento de Metales Ferrosos:	
Coque	3-03-003...004
Producción de Aleaciones de Hierro	3-03-006...007
Producción de Hierro y Acero	3-03-008...009
Fundiciones de Hierro Gris	3-04-003
Fundiciones de Acero	3-04-007,-009
Productos Minerales:	
Manufactura de Cemento	3-05-006...007
Limpieza de Carbón	3-05-010
Explotación y Procesamiento de Piedra	3-05-020
Otro	3-05-003...999
Manufactura de Asfalto	3-05-001...002

Características de la Emisión:

- a. **Flujo de Aire:** Las casas de bolsas se separan en dos grupos, estándar y hechas a la medida, que a su vez se separan en tres subgrupos de baja, mediana y alta capacidad. Las casas de bolsas estándar son unidades construidas en fábrica y que se tienen en existencia. Estas pueden manejar desde menos de 0.10 a más de 50 metros cúbicos estándares por segundo (m^3/s) (de "cientos" a más de 100,000 pies cúbicos estándares por minuto (*scfm*)). Las casas de bolsas hechas a la medida son diseñadas para aplicaciones específicas y se construyen de acuerdo a las especificaciones establecidas por el cliente. Estas unidades son generalmente mucho más grandes que las unidades estándar, por ejemplo, desde 50 hasta más de 500 m^3/s (de 100,000 a más de 1,000,000 *scfm*) (Ref. EPA, 1998a).

- b. **Temperatura:** Típicamente, pueden manejarse temperaturas de gases hasta cerca de aproximadamente 260 °C (500 °F), con picos hasta cerca de aproximadamente 290 °C (550 °F), con tela del material apropiado. Se pueden utilizar enfriadores por aspersión o dilución con aire para bajar la temperatura de la corriente del contaminante. Esto evita que se excedan los límites de temperatura de la tela. Al bajar la temperatura, sin embargo, aumenta la humedad de la corriente del contaminante. Por lo tanto, la temperatura mínima de la corriente del contaminante debe permanecer por encima del punto de rocío de cualquier condensable en la corriente. La casa de bolsas y los conductos asociados deben aislarse y posiblemente calentarse si pudiera presentarse condensación (Ref. *EPA*, 1998b).
- c. **Carga de Contaminantes:** Las concentraciones típicas de entrada de las casas de bolsas son de 1 a 23 gramos por metro cúbico (g/m^3) (0.5 a 10 granos por pie cúbico (gr/ft^3)), pero en casos extremos, las condiciones de entrada pueden variar entre 0.1 a más de 230 g/m^3 (de 0.05 a más de 100 gr/ft^3) (*EPA*, 1998b).
- d. **Otras Consideraciones:** El contenido de humedad y de corrosivos son las características principales de la corriente gaseosa que requieren consideraciones de diseño. Los filtros de tela estándar se pueden usar a presión o al vacío, pero solamente dentro del rango de aproximadamente $\pm 640 \text{ mm}$ de columna de agua (25 pulgadas de columna de agua). Se ha demostrado que las casas de bolsas bien diseñadas y operadas son capaces de reducir las emisiones totales de partículas a menos de 0.05 g/m^3 (0.010 gr/ft^3) y en un cierto número de casos, hasta tan bajo como de 0.002 a 0.011 g/m^3 (de 0.001 a 0.005 gr/ft^3) (Ref. *AWMA*, 1992).

Requerimientos de Pre-Tratamiento de las Emisiones:

Debido a la amplia variedad de tipos de filtros disponibles al diseñador, por lo general no se requiere dar tratamiento previo para modificar la temperatura de entrada de la corriente del contaminante. Sin embargo, en algunas aplicaciones a altas temperaturas, el costo de las bolsas resistentes a las altas temperaturas debe de ponderarse contra el costo de disminuir la temperatura de entrada con enfriadores por aspersión o con dilución con aire (Ref. *EPA*, 1998b). Cuando gran parte de la carga del contaminante consiste de partículas relativamente grandes, se pueden utilizar recolectores mecánicos tales como ciclones, para reducir la carga sobre el filtro de tela, especialmente a altas concentraciones de entrada (Ref. *EPA*, 1998b).

Información de Costos:

A continuación se presentan los costos estimados, expresados en dólares de 2002, para filtros de tela tipo limpieza con sacudimiento mecánico y tipo limpieza con sacudimiento mecánico mejorado con bocina sónica. Para las estimaciones de ambos costos se supone un diseño convencional bajo condiciones típicas de operación. En los costos no se incluye equipo auxiliar, tal como ventiladores y conductos.

Los costos para los sistemas limpiados con sacudidor, son elaborados utilizando hojas de cálculo de la *EPA* para estimaciones de costos de filtros de tela (Ref. *EPA*, 1998b). Los costos estimados para mejoramiento con bocina sónica, se obtienen de cotizaciones del fabricante, dadas en el Manual de Costos de Control de la *OAQPS* (Ref. *EPA*, 1998b). Las bocinas sónicas son presentadas como un costo incrementado al costo de capital para un sistema limpiado por sacudimiento. El costo de operación y mantenimiento (O y M) para sistemas limpiados por sacudimiento se reduce de 1 a 3 % con el mejoramiento que proporciona la bocina sónica.

Los costos están dictados principalmente por la proporción de flujo volumétrico de la corriente del contaminante y por la carga del contaminante. En general, una unidad pequeña controlando una carga baja de contaminante, no será tan efectiva en costo como una unidad grande controlando una carga alta de

contaminante. Los costos presentados son para proporción de flujo de $470 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,000,000 \text{ scfm}$) y $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2,000 \text{ scfm}$), respectivamente y para una carga del contaminante de $9 \text{ g}/\text{m}^3$ ($4.0 \text{ gr}/\text{ft}^3$).

Los contaminantes que requieren un nivel de control inusualmente alto o que requieren que las bolsas de tela o la unidad en sí, sean construidas de materiales especiales tales como *Gore-Tex* o acero inoxidable, incrementarán los costos del sistema (Ref. *EPA*, 1998b). Los costos adicionales para controlar corrientes más complejas de contaminantes, no están reflejados en las estimaciones dadas más abajo. Para estos tipos de sistemas, el costo de capital podría incrementarse tanto como 30% y el costo de O y M podría incrementarse tanto como 7%.

- a. **Costo de Capital:** \$17,000 a \$153,000 por m^3/s (\$8 a \$72 por *scfm*)
\$1,000 a 1,300 por m^3/s (\$0.51 a \$0.61 por *scfm*); costo adicional para bocinas sónicas
- b. **Costo de O y M:** \$9,300 a \$51,000 por m^3/s (\$4 a \$24 por *scfm*), anualmente
- c. **Costo Anualizado:** \$11,000 a \$95,000 por m^3/s (\$5 a \$45 por *scfm*), anualmente
- d. **Eficiencia de Costos:** \$41 a \$334 por tonelada métrica (\$37 a \$303 por tonelada corta)

Teoría de Operación:

En un filtro de tela, el gas residual se pasa por una tela de tejido apretado o de fieltro, causando que la materia particulada en el gas sea recolectada en la tela por tamizado y por otros mecanismos. Los filtros de tela pueden ser de forma de hojas, cartuchos o bolsas, con un número de unidades individuales de filtros de tela encasillados en grupo. Las bolsas son el tipo más común de filtro de tela. La plasta de polvo que se forma sobre el filtro por la MP recolectada, puede aumentar la eficiencia de recolección significativamente. A los filtros de tela se les conoce frecuentemente como casas de bolsas porque la tela está configurada por lo general en bolsas cilíndricas. Las bolsas pueden ser de 6 a 9 m de largo (20 a 30 pies) y de 12.7 a 30.5 cm (5 a 12 pulgadas) de diámetro. Se colocan grupos de bolsas en compartimientos aislables para permitir la limpieza de las bolsas o el reemplazo de algunas de ellas sin tener que parar todo el filtro de tela. (Ref. *STAPPA/ALAPCO*, 1996).

Las condiciones de operación son factores importantes para la selección de la tela. Algunas telas (por ejemplo, poliolefinas de nylon, acrílicos, poliésteres), son útiles solamente a temperaturas relativamente bajas, de 95 a 150 °C (200 a 300°F). Para flujos de gases de combustión a altas temperaturas, deben utilizarse telas más estables térmicamente, tales como la fibra de vidrio, el Teflón^R ó Nomex^R. (Ref. *STAPPA/ALAPCO*, 1996).

La aplicación práctica de los filtros de tela requiere el uso de una gran superficie de tela para evitar una inaceptable caída de presión a través de la tela. El tamaño de la casa de bolsas para una unidad en particular se determina por la selección de la relación de aire-a-tela, o por la relación del flujo volumétrico de aire a la superficie del tejido. La selección de la relación de aire-a-tela depende de la carga y características de la materia particulada y del método de limpieza utilizado. Una carga alta de partículas requerirá el uso de una casa de bolsas más grande para evitar la formación de una plasta de polvo muy pesada, lo que resultaría en una caída de presión excesiva. Por ejemplo, una casa de bolsa para una caldera de termoeléctrica de 250 MW puede tener 5,000 bolsas individuales, con una superficie total de tela cercana a los 46,500 m² (500,000 pies cuadrados) (Ref. *ICAC*, 1999).

El funcionamiento de las casas de bolsas está determinado entre otros factores, por la tela seleccionada, la frecuencia y el método de limpieza y las características del particulado. Pueden seleccionarse telas para

que intercepten una fracción mayor de particulado y algunas telas están cubiertas con una membrana con aperturas muy finas para mejorar la remoción de partículas sub-micrométricas. Estas telas suelen ser más caras. La frecuencia e intensidad de la limpieza son variables importantes que determinan la eficiencia de recolección. Debido a que la plasta de polvo puede proporcionar una fracción significativa de la capacidad de remoción de las partículas finas de la tela, la limpieza que es demasiado frecuente o demasiado intensa disminuirá la eficiencia de remoción. Por otra parte, si la limpieza es poco frecuente o poco efectiva, entonces la caída de presión de la casa de bolsas será muy alta (Ref. ICAC, 1999).

El sacudimiento mecánico ha sido un método muy popular de limpieza por muchos años, debido a su simplicidad así como a su efectividad. En una operación típica, el gas empolvado se introduce por un conducto de entrada al filtro de tela limpiado por sacudimiento y las partículas más grandes son removidas de la corriente de gas cuando golpean un deflector en el conducto de entrada y caen en la tolva. El gas cargado de partículas es succionado por debajo de una placa de celda en el piso y hacia las bolsas del filtro. El gas procede del interior de las bolsas al exterior y a través del conducto de salida. Las partículas son recolectadas en la superficie interior de las bolsas y se acumula una plasta del filtro. En las unidades con sacudimiento mecánico, la parte superior de las bolsas está unida a una barra sacudidora, la cual se mueve abruptamente (normalmente en dirección horizontal), para limpiar las bolsas. Las barras sacudidoras son operadas por motores mecánicos o a mano, en aplicaciones en las que la limpieza no se requiere frecuentemente (Ref. EPA, 1998b).

El método de limpieza por vibración es similar a las unidades con sacudimiento mecánico. Utiliza una vibración del marco de la bolsa generada neumáticamente, de alta frecuencia y baja amplitud, para limpiar las bolsas. Este método tiene aplicaciones limitadas debido a su limpieza de baja energía y al diseño más pequeño de la casa de bolsas (Ref. Billings, 1970).

Las bocinas sónicas se utilizan cada vez más para mejorar la eficiencia de recolección de los filtros de tela limpiados por sacudimiento mecánico o con aire a la inversa (Ref. AWMA, 1992). Las bocinas sónicas utilizan aire comprimido para hacer vibrar un diafragma, produciendo una onda sonora de baja frecuencia en la campana de la bocina. El número de bocinas que se requieren está determinado por la superficie de la tela y el número de compartimientos de la casa de bolsas. Típicamente, se requieren de 1 a 4 bocinas por compartimiento operando de 150 a 200 hertz. El aire comprimido para las bocinas se suministra de 275 a 620 kilo-Pascales (kPa) (40 a 90 libras por pulgada cuadrada manométricas (*psig*)). Las bocinas sónicas se activan de 10 a 30 segundos aproximadamente durante cada ciclo de limpieza (Ref. Carr, 1984).

La limpieza con bocinas sónicas reduce significativamente la carga residual de polvo en las bolsas. Esto disminuye de 20 a 60% la caída de presión a través del filtro de tela. También aminora el esfuerzo mecánico requerido para limpiar las bolsas, resultando en una vida de operación más larga (Ref. Carr, 1984). Tal como se mencionó previamente, esto puede reducir el costo de O y M de 1 a 3% anualmente. Los compartimientos de las casas de bolsas son fácilmente reconvertidos a bocinas sónicas. El apoyo sónico es frecuentemente utilizado con filtros de tela en calderas de termoeléctricas que queman carbón (Ref. EPA, 1998a).

Ventajas:

En general, los filtros de tela proporcionan altas eficiencias de recolección tanto para materia particulada gruesas como para la de tamaño fino (sub-micras). Son relativamente insensibles a las fluctuaciones en las condiciones de la corriente de gas. En el caso de filtros con limpieza continua, la eficiencia y la caída de presión permanecen relativamente invariables con fuertes cambios en la carga de entrada de polvo. El aire de salida del filtro es bastante limpio y en muchos casos puede ser re-circulado dentro de la planta (para la conservación de energía). El material recolectado se recolecta seco para su procesamiento o disposición subsecuentes. Normalmente, no son problemas la corrosión ni la oxidación de sus componentes. Su

operación es relativamente simple. A diferencia de los precipitadores electrostáticos, los sistemas de filtros de tela no requieren del uso de alto voltaje, por lo tanto, el mantenimiento se simplifica y podría recolectarse el polvo inflamable con el cuidado apropiado. El uso de ayudas selectas de filtración granulares o fibrosas (pre-impregnado), permite la recolección con alta eficiencia de contaminantes gaseosos y humos de tamaños menores de una micra. Los recolectores están disponibles en un gran número de configuraciones, resultando en un rango de dimensiones y de localizaciones de las bridas de entrada y salida, para cumplir con los requisitos de instalación (Ref. AWMA, 1992).

Desventajas:

Para temperaturas muy por encima de los 290 ° C (550 ° F), se requiere el uso de telas metálicas o de mineral refractario especial, las cuales pueden resultar muy caras. Para ciertos tipos de polvos, se pueden requerir telas tratadas para reducir la percolación de los polvos o en otros casos, para facilitar la remoción del polvo recolectado. Las concentraciones de algunos polvos en el colector, aproximadamente 50 g/m³ (22 gr/ft³), pueden representar un peligro de fuego o explosión, si se produce una llama o una chispa accidentalmente. Las telas pueden arder si se recolecta polvo rápidamente oxidable. Los filtros de tela tienen requerimientos altos de mantenimiento (por ejemplo, reemplazo periódico de las bolsas). La vida de la tela puede ser acortada a temperaturas elevadas y en presencia de constituyentes gaseosos o particulados ácidos o alcalinos. No pueden ser operados en ambientes húmedos; los materiales higroscópicos, la condensación de humedad o los materiales adhesivos espesos pueden causar costras o tapar la tela o requerir aditivos especiales. Se pudiera requerir protección respiratoria para el personal de mantenimiento al reemplazar la tela. Se requiere una caída de presión mediana, típicamente en el rango de 100 a 250 mm de columna de agua (4 a 10 pulgadas de columna de agua) (Ref. AWMA, 1992).

Otras Consideraciones:

Los filtros de tela son útiles para recolectar partículas con resistividades ya sea demasiado bajas o demasiado altas como para ser recolectadas con precipitadores electrostáticos. Por lo tanto, los filtros de tela pueden ser buenos candidatos para recolectar las cenizas volantes de los carbones bajos en azufre o las cenizas volantes que contengan niveles altos de carbón sin quemar, las cuales tienen alta y baja resistividad respectivamente y son por lo tanto, relativamente difíciles de recolectar con precipitadores electrostáticos (Ref. STAPPA/ALAPCO, 1996).

14. Referencias:

AWMA, 1992. *Air & Waste Management Association, Air Pollution Engineering Manual*, Van Nostrand Reinhold, New York.

EPA, 1998a. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Stationary Source Control Techniques Document for Fine Particulate Matter," EPA-452/R-97-001, Research Triangle Park, NC., October.

EPA, 1998b. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "OAQPS Control Cost Manual," Fifth Edition, Chapter 5, EPA 453/B-96-001, Research Triangle Park, NC. December.

Billings, 1970. Billings, Charles, et al, *Handbook of Fabric Filter Technology Volume I: Fabric Filter Systems Study*, GCA Corp., Bedford MA, December.

Carr, 1984. Carr, R. C. and W. B. Smith, *Fabric Filter Technology for Utility Coal-Fired Power Plants, Part V: Development and Evaluation of Bag Cleaning Methods in Utility Baghouses*, J. Air Pollution Control Assoc., 34(5):584, May.

ICAC, 1999. *Institute of Clean Air Companies internet web page www.icac.com, Control Technology Information - Fabric Filters, page last updated January 11, 1999.*

STAPPA/ALAPCO, 1996. *State and Territorial Air Pollution Program Administrators and Association of Local Air Pollution Control Officials, "Controlling Particulate Matter Under the Clean Air Act: A Menu of Options," July.*