



Hoja de Datos - Tecnología de Control de Contaminantes del Aire

Nombre de la Tecnología: Filtro de Tela - Tipo de Limpieza por Chorro Pulsante (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), presentes 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 están del 99 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 las velocidades 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 dispositivos de concentración de salida constante más bien que dispositivos de eficiencia constante. La concentración constante del efluente se obtiene porque en cualquier 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 capa de polvo y las partículas sueltas son forzadas a través del filtro por el flujo del gas. A medida que se capturan más partículas, 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 (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 las aplicaciones comunes de los sistemas de filtros de tela con limpieza por chorro pulsante; sin embargo, los filtros de tela pueden ser utilizados en casi cualquier proceso donde polvo es generado y pueda ser recolectado y conducido por conductos a una localidad central.

Tabla 1. Aplicaciones Industriales Típicas de los Filtros de Tela Limpiados por Chorro Pulsante (EPA, 1997; EPA, 1998a)

Aplicación	Source Classification Code (SCC) (Código de Clasificación de la Fuente en EE.UU.)
Calderas de Termoeléctricas (Carbón)	1-01-002...003
Calderas Industriales (Carbón, Madera)	1-02-001...003, 1-02-009
Calderas Comerciales/Industriales (Carbón, Madera)	1-03-001...003, 1-03-009
Procesamiento de Metales Ferrosos:	
Producción de Hierro y Acero	3-03-008...009
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
Otros	3-05-003...999
Manufactura de Asfalto	3-05-001...002
Molienda de Grano	3-02-007

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 de fábrica y que se tienen en existencia. Pueden manejar desde menos de 0.10 a más de 50 metros cúbicos estándares por segundo (m³/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 m³/s (de 100,000 a más de 1,000,000 scfm) (EPA, 1998b).

- b. **Temperatura:** Típicamente, pueden manejarse adecuadamente en forma rutinaria 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 a ella, deben aislarse y posiblemente calentarse, si pudiera presentarse condensación (EPA, 1998b).

- c. **Carga de Contaminantes:** Las concentraciones típicas de entrada a 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 número de casos, tan bajo como de 0.002 a 0.011 g/m^3 (de 0.001 a 0.005 gr/ft^3) (AWMA, 1992).

Requisitos de Pre-tratamiento de las Emisiones:

Debido a la amplia variedad de tipos de filtros disponibles al diseñador, usualmente no se requiere dar tratamiento previo a 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 bajar la temperatura de entrada con enfriadores por aspersión o con dilución con aire (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 (EPA, 1998b).

Información de Costos:

A continuación se presentan estimaciones de costos para filtros de tela con limpieza por chorro pulsante. Estos costos están expresados en dólares de 2002. Para las estimaciones de costos, se supone un diseño convencional bajo condiciones típicas de operación y no incluyen equipo auxiliar, tal como ventiladores y conductos. Los costos de los sistemas limpiados con chorro pulsante, son elaborados utilizando hojas de cálculo de la EPA para estimación de costos de filtros de tela (EPA, 1998b).

Los costos están dictados por la proporción de flujo volumétrico de la corriente del contaminante y por la carga del contaminantes. 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 proporciones de flujo de $470 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1,000,000 \text{ scfm}$) y $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3,000 \text{ scfm}$), respectivamente y para una carga del contaminante de 9 g/m^3 (4.0 gr/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 (EPA, 1998b). Los costos adicionales para controlar corrientes sucias más complejas no están reflejados en las estimaciones dadas más abajo. Para estos tipos de sistemas, el costo de capital se incrementará hasta en 75% y el costo de operación y mantenimiento (O y M), se incrementará hasta en 20%.

- a. **Costo de Capital:** \$13,000 a \$55,000 por m^3/s (\$6 a \$26 por scfm)
- b. **Costo de O y M:** \$11,000 a \$50,000 por m^3/s (\$5 a \$24 por scfm), anualmente.
- c. **Costo Anualizado:** \$13,000 a \$83,000 por m^3/s (\$6 a \$39 por scfm), anualmente.
- d. **Eficiencia de Costos:** \$46 a \$293 por tonelada métrica (\$42 a \$266 por ton. 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 en forma de hojas, cartuchos, o bolsas, con un número de unidades individuales de filtros de tela encasilladas en grupo. Las bolsas son el tipo más común de filtro de tela. La plasta de polvo de la materia particulada recolectada que se forma sobre el filtro puede aumentar la eficiencia de recolección significativamente. A los filtros de tela frecuentemente se les conoce 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 (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 corrientes de gas residual sucio a altas temperaturas, deben utilizarse telas más estables térmicamente, tales como la fibra de vidrio, el Teflón o el Nomex (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 la relación de flujo volumétrico de aire a superficie del tejido. La selección de la relación 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 capa 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) (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 de las partículas. Pueden seleccionarse telas para que intercepten una fracción mayor de particulados y algunas telas están recubiertas por una membrana con aperturas muy finas para mejorar la remoción de partículas sub-micrométricas. Estas telas suelen ser más caras.

La limpieza de los filtros de tela con chorro de aire pulsante es relativamente nueva en comparación a otros tipos de filtros de tela, puesto que apenas ha sido utilizada en los últimos 30 años. Este mecanismo de limpieza ha ido ganando popularidad consistentemente, debido a que puede tratar cargas altas de polvo, opera con una caída de presión constante y ocupa menos espacio que otros tipos de filtros de tela. Los filtros de tela limpiados por chorro pulsante sólo pueden operar como dispositivos para la recolección de las capas externas de la plasta de polvo. Las bolsas están cerradas por el fondo, abiertas en la parte superior y reforzadas por retenedores internos, llamados jaulas. El gas cargado de partículas fluye al interior de la bolsa, utilizándose ocasionalmente difusores para evitar que las partículas mas grandes dañen las bolsas. El gas fluye desde afuera hacia adentro de las bolsas y de ahí hacia la salida del gas. Las partículas se recolectan en el exterior de las bolsas y caen hacia una tolva debajo del filtro de tela. (EPA, 1998a).

Durante la limpieza por chorro pulsante, un pulso corto, de 0.03 a 0.1 segundos de duración, de aire a alta presión [415 a 830 kilo-Pascales (kPa) (60 a 120 libras por pulgada cuadrada manométrica (psig))], se inyecta dentro de las bolsas (EPA, 1998a, AWMA, 1992). El pulso se sopla a través de una boquilla venturi en la parte superior de las bolsas y establece una onda de choque que continúa hacia el fondo de la bolsa. La onda dobla la tela, separandola de la jaula y después la junta, desalojando la plasta de polvo. El ciclo

de limpieza es regulado por un *timer* (instrumento de tiempo usado para regular) remoto conectado a una válvula selenoide. El pulso de aire es controlado por la válvula selenoide y se descarga a través de tubos de viento equipados con boquillas colocadas por encima de las bolsas. Por lo general, las bolsas se limpian hilera por hilera (*EPA*, 1998a).

La limpieza por chorro pulsante tiene varios atributos que le son únicos. Debido a que el pulso de limpieza es breve, no se necesita suspender el flujo del gas empolvado durante la limpieza. Las otras bolsas continúan filtrando, recibiendo una carga extra, debido a los filtros que se están limpiando. En general, la caída de presión o el comportamiento de los filtros de tela no cambia como consecuencia de la limpieza por chorro pulsante. Esto permite que el equipo sea operado en forma continua, siendo las válvulas selenoides las únicas partes móviles importantes. La limpieza por chorro pulsante es también más intensa y ocurre con mayor frecuencia que los otros métodos de limpieza de filtros de tela. Esta limpieza intensa, desprende casi toda la plasta de polvo cada vez que la bolsa es pulsada. Como resultado, los filtros con limpieza por chorro pulsante no dependen de la capa de polvo para realizar la filtración. Las telas de fieltro (no tejidas) son utilizadas en los filtros con limpieza por chorro pulsante porque no requieren de una plasta de polvo para alcanzar altas eficiencias de recolección. Se ha encontrado que las telas tejidas que se utilizan en los filtros de tela con chorro pulsante, escapan mucho polvo después de limpiarlas (*EPA*, 1998a)

Puesto que las bolsas limpiadas por el método de chorro pulsante no necesitan aislarse para limpiarse, los filtros de tela limpiados por chorro pulsante no necesitan compartimientos adicionales para mantener una adecuada filtración durante la limpieza. Además, debido a la naturaleza intensa y frecuente de la limpieza, pueden tratar proporción de flujos más altos de gas, con mayores cargas de polvo. Consecuentemente, los filtros de tela limpiados por el método de chorro pulsante, pueden ser de menor tamaño que otros tipos de filtros de tela, para el tratamiento de la misma cantidad de gas y polvo, haciendo logrables proporciones mas altas de gas-a-tela (*EPA*, 1998a).

Ventajas:

En general, los filtros de tela proporcionan altas eficiencias de filtración tanto para materia particulada gruesa como la de tamaño fino (sub-micras). Son relativamente insensibles a las fluctuaciones en las condiciones de la corriente de gas. En los filtros con limpieza continua, la eficiencia y la caída de presión son relativamente invariables por grandes cambios en la carga de entrada de polvo. El aire de salida del filtro es bastante limpio y en muchos casos puede ser recirculado a 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 puede ser recolectado el polvo inflamable con el cuidado apropiado. El uso de ayudas selectas de filtración fibrosas o granuladas (preimpregnadas), 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 acoplamiento de entrada y salida, para cumplir con los requisitos de instalación (*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 ser caras. Para ciertos tipos de polvo se pueden requerir telas tratadas para reducir la percolación de los polvos o, en otros casos, para facilitar la remoción de los polvos recolectados. 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) (AWMA, 1992).

Una desventaja específica de las unidades con chorro pulsante que utilizan velocidades muy altas del gas, es que el polvo de las bolsas limpiadas puede ser arrastrado inmediatamente hacia las otras bolsas. Si esto ocurre, solamente un poco del polvo cae en la tolva y la plasta de polvo sobre las bolsas se vuelve muy gruesa. Para prevenir esto, los filtros de tela con chorro pulsante pueden ser diseñados con compartimientos separados que se puedan aislar para ser limpiados. (EPA, 1998a).

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 ceniza volante de los carbones bajos en azufre o las ceniza volante 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 (STAPPA/ALAPCO, 1996)

Referencias:

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

EPA, 1997. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I, Fifth Edition, Research Triangle Park, NC., October.

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.

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.