



32
rej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**BOLSAS FILTRANTES PARA COLECTORES
DE POLVO INDUSTRIALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

SERGIO EDUARDO FILIO VELAZQUEZ



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

| | |
|---|-----|
| CAPITULO 1 | |
| Resumen..... | 2 |
| CAPITULO 2 | |
| Introducción..... | 5 |
| CAPITULO 3 | |
| Generalidades | |
| Polvos..... | 14 |
| Filtro de tela..... | 14 |
| Factores físicos de las telas..... | 16 |
| Mecanismos de filtración en telas..... | 28 |
| Colectores de polvo del tipo de bolsas..... | 33 |
| CAPITULO 4 | |
| Materiales sintéticos y naturales para la fabricación de bolsas..... | 54 |
| Pruebas de identificación de fibras..... | 73 |
| CAPITULO 5 | |
| Fabricación de bolsas filtrantes..... | 85 |
| CAPITULO 6 | |
| Selección del material filtrante | |
| Area del material filtrante..... | 93 |
| CAPITULO 7 | |
| Conclusiones..... | 109 |
| APENDICE..... | 111 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 116 |

CAPITULO 1

RESUMEN

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo realizar un estudio enfocado a solucionar un problema de contaminación del aire, ocasionado por material particulado (polvo), mediante el uso de filtros de tela.

Para la selección adecuada del material filtrante se deben conocer los factores involucrados en un proceso de colección de polvo; para tal fin, se mencionan las partículas de polvo más comunes que se pueden colectar utilizando un filtro de tela, se analizan los diferentes mecanismos de filtración en las telas, los factores físicos de las telas y la descripción de los colectores de polvo del tipo de bolsas más usados.

La descripción de los tipos de tela que existen en el mercado para fabricar bolsas filtrantes, así como algunas pruebas de identificación de las mismas, se consideran como parte fundamental de este trabajo, ya que la selección del medio filtrante depende en gran medida de estos factores. El funcionamiento de las bolsas filtrantes se puede mejorar mediante la incorporación de algún accesorio, para ejemplificar esto, se describen algunos detalles de fabricación de las mismas.

Finalmente, se incluye una guía con la cual se puede determinar el área del material filtrante requerido y algunas tablas en las que se enlistan las propiedades físicas y químicas de las diferentes telas.

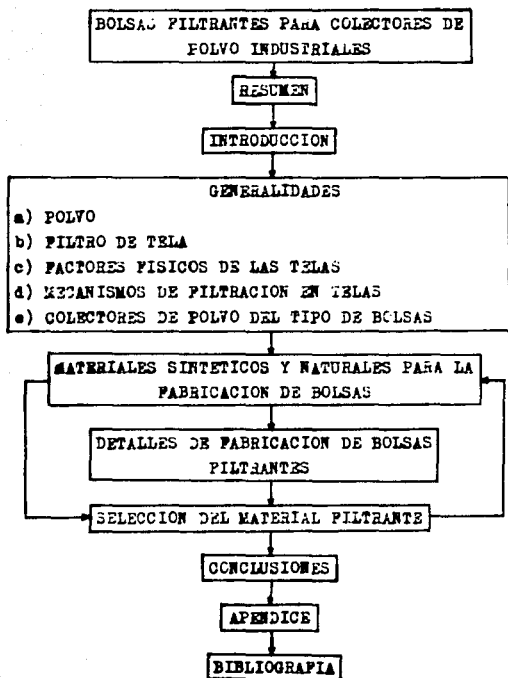


DIAGRAMA DE FLUJO

CAPITULO 2

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El material particulado varía mucho en cuanto a su tamaño, forma, composición química, peso específico, adherencia y cohesividad. La selección del equipo adecuado para eliminar partículas, se debe realizar considerando la cantidad y la calidad del gas que arrastra al polvo, el contenido de humedad, la carga de polvo y otros factores tales como las alteraciones del proceso, es decir, algún aumento en la producción del gas, de la carga de polvo, del contenido de humedad, etc.

El primer aspecto considerado para la selección del equipo consiste en la identificación del problema de la limpieza del gas en términos que puedan estar relacionados con las características de funcionamiento de los cuatro tipos fundamentales de equipos para la eliminación de partículas:

- 1.- Colectores mecánicos
- 2.- Filtros de tela
- 3.- Lavadores de gases por vía húmeda
- 4.- Precipitadores electrostáticos

Cuando se trata de una fábrica nueva, es responsabilidad de la autoridad que va a otorgar la licencia o del ingeniero consultor especificar las condiciones de funcionamiento del equipo. El ingeniero debe incluir un margen suficiente para abarcar todas las contingencias prácticas de funcionamiento y asegurarse de que se cumplan todos los objetivos del proceso y las leyes actuales sobre la contaminación del aire.

Para un proceso ya existente, la mejor solución consiste en muestrear el material particulado arrastrado mediante técnicas isocinéticas, midiendo el volumen de gas que se debe limpiar con un gasómetro con tubo Pitot entre los límites de las condiciones del proceso. Simultáneamente se deben determinar la composición del gas, la temperatura y el contenido de humedad. Las muestras de polvo que se tomen se deben analizar para establecer sus características, así como la cantidad.

Cada vez un mayor número de compañías industriales tienen que cumplir una amplia serie de leyes sobre la contaminación del aire, por ello, han instalado los medios para hacer las determinaciones de gases y del material particulado en la misma fábrica. Las fábricas que carecen del equipo para hacer estas determinaciones, deben contratar a una compañía especializada en este campo para que haga las mediciones pertinentes.

Una vez que se ha definido el problema de limpieza con información confiable, se establece la eficiencia de colección necesaria para situarse dentro del límite de contaminación del aire que permiten las leyes.

PRINCIPIOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

Los siguientes principios se aplican a todos los colectores de material particulado.

1.- Todos los colectores limpian el gas eliminando continuamente el polvo de una corriente de gas en movimiento. El orden típico del proceso es el siguiente:

- a) Fuente del gas sucio.
- b) Dispositivo para limpiar el gas.
- c) Ventilador para mover la corriente del gas durante todo el proceso.
- d) Chimenea para descargar el gas limpio a la atmósfera.

El ventilador generalmente se coloca después del dispositivo para limpiar los gases, con el fin de protegerlo de los efectos erosivos y del desequilibrio que pueden ocasionar las partículas acarreadas.

2.- El tamaño del colector y su costo son directamente proporcionales a la cantidad de gas que se tiene que limpiar. Esta cantidad se expresa en forma volumétrica, en general se usan las unidades de m^3/min de gas sucio actual que entra al colector.

3.- La eficiencia de colección se calcula con la siguiente fórmula y se expresa como porcentaje:

$$\left. \begin{array}{l} \text{E de efici-} \\ \text{ciencia de} \\ \text{colección} \end{array} \right\} = \frac{\text{peso del polvo ent.} - \text{peso del polvo sal.}}{\text{peso del polvo ent.}} \cdot 100$$

Nota: el peso del polvo es con respecto a un determinado volumen de aire filtrado.

| Tipo de equipo | Tipo específico | Forma básica de funcionamiento | Medidas básicas y unidad de capacidad | Capacidad típica en litros por minuto por módulo básico de la capacidad | COSTO EN LÍNEA DE EQUIPOS PARA UN COLECTOR DE LÍNEA DE 47,000 l/m (1,000 cfm) | | | | | | | | |
|----------------------------|---|--------------------------------|---|---|---|---|---|---------------------------------------|---|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| | | | | | Superficie necesaria exterior del módulo (47,000 l/m) (1,000 cfm) | A.P. y 66 electrolitos necesarios en agua | Costo equipo transportado e instalación | Costo anual mantenimiento y operación | Carga de combustible por galón o litro de capacidad | | | | |
| | | | | | módulos | en H ₂ O mcm/m-hora | % | equipo instalado en base | litros/módulo-hora | galones/módulo-hora | por centeno | por litro | |
| Cámaras mecánicas | de cámara de sedimentación | gravedad | volumen de la cámara (m ³) | 9.4 | 241.0 | 0.500 | 33 | 10 | 3 | 1 | 0.3 | baja | solo |
| | de decantación | flotación | superficie de entrada (m ²) | 304-1,092 | 20 | 1.27 | 40 | 15 | 4 | 2 | 1.3 | solo | baja |
| | cámaras de alto eficiencia | centrifuga | superficie de entrada (m ²) | 1,410-1,092 | 11.60 | 10.16 | 80 | 20 | 7 | 2 | 10 | solo | baja |
| Filtros de material tejido | limpieza manual | filtración con torta de filtro | superficie del tejido (m ²) | 0.47-1.9 | 95 | 10.16 | 99 | 55 | 20 | 7 | 10 | baja | no cambio |
| | limpieza automática por aspiración | filtración con torta de filtro | superficie del tejido (m ²) | 0.47-1.9 | 95 | 12.7 | 99 | 60 | 30 | 10 | 15 | baja | no cambio |
| | limpieza automática con contrapresión a presión | filtro | superficie del tejido (m ²) | 1.4-3.76 | 56 | 20.52 | 99 | 80 | 55 | 15 | 20 | no cambio | no cambio |
| Lavadores por vía húmeda | osciladores de choque | captura del líquido | superficie transversal del decantador (m ²) | 233-262 | 20 | 10.16 | 80 | 30 | 15 | 7 | 10 | solo | baja |
| | torre de rotación | captura del líquido | superficie en sección transversal del lecho (m ²) | 235-329 | 33.23 | 17.0 | 90 | 40 | 20 | 5 | 17 | baja | solo |
| | Venturi | captura del líquido | superficie de la garganta (m ²) | 5,200 a 14,100 | 9.3 | 76.2 | 99 | 30 | 50 | 11 | 75 | solo | baja |
| Precipitadores eléctricos | de un solo campo | electrico | superficie de electrodos colectores (m ²) | 2.55 | 37 | 1.27 | 93 | 75 | 55 | 4 | 1.3 | baja | solo |
| | de campo múltiples | electrico | superficie de electrodos colectores (m ²) | 2.55 | 46.5 | 1.27 | 99 | 100 | 70 | 5 | 1.3 | baja | solo |

* Los costos del equipo, insumos al lugar de colocación, los de instalación y de mantenimiento se basan en costos de construcción de acero inoxidable en 1970 y no incluyen el equipo auxiliar como la estructura de soporte, las conexiones de servicio, el aislamiento térmico, cimientos, rineses, etcétera. Varían mucho debido a las condiciones específicas de cada instalación, inclusive la localización geográfica. Se usa sólo para hacer comparaciones generales.

Multiplicar por 3.017 para actualizar a 1991

$$\text{Índice de M \& S de 1990} = \frac{915.1}{303.3} = 3.017$$

$$\text{Índice de M \& S de 1970} = 303.3$$

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LOS COLECTORES COMERCIALES DE PARTICULAS

Tabla 2-1 *

+ Air pollution and industry, Ross, R.D., Van Nostrand Reinhold Co. N.Y. USA, 1974

- 4.- Para todos los tipos de colectores de partículas, el polvo fino (menor a 10 micras), es más difícil de separar que el grueso (mayor a 100 micras). La mayoría de los polvos son una mezcla de fino y grueso y la proporción del fino tiene una gran influencia en la eficiencia de colección; por lo tanto, es un factor importante en la selección del tipo de colector que se requiera, para atenderse a las necesidades de la eficiencia de colección. Las concentraciones con partículas de gran peso, son más fáciles de coleccionar que las partículas ligeras.
- 5.- Los tipos y subtipos y subtipos de colectores de polvo están resumidos en la tabla 2-1.

Para fines comparativos se establecen los siguientes intervalos:

- 1.- Superficie necesaria para limpiar 47 000 l/s (1 000 pie³/min) de aire contaminado con una concentración fija.
- | | |
|----------------------------|--------------|
| De 9.3 a 28 m ² |baja |
| De 46.5 a 93 " |regular |
| De 241 ———> " |alta |
- 2.- Caída de presión (ΔP).
- | | |
|---|--------------|
| De 0.528 a 1.27 cm de c.a. manométricos |baja |
| De 10.160 a 20.30 " |regular |
| De 76 ———> " |alta |
- 3.- Eficiencia (η).
- | | |
|--------------|--------------|
| De 25 a 40 % |baja |
| Hasta 80 " |regular |
| De 90 a 99 " |alta |

4.- Costo del equipo, transportación e instalación (CETI).

45 (miles de dólares).....bajo

De 55 a 100 "regular

De 115 a 170 "alto

5.- Costo anual de mantenimiento y energía (CAME).

De 1.5 a 12 (miles de dólares).....bajo

De 17.0 a 35 "regular

De 86 \longrightarrow "alto

La table 2-2 muestra los cinco aspectos que determinan la selección del equipo más adecuado, asignando una b (bajo), r (regular) o a (alto), para cada tipo específico de colector; haciendo la comparación correspondiente, se puede establecer que tipo de colector es el más adecuado cuando se tienen limitaciones económicas y de espacio, así como la necesidad de cubrir algún nivel de eficiencia.

Si se ha optado por instalar un colector de polvo de filtros de tela, éste trabajo será una herramienta útil para seleccionar el medio filtrante más adecuado a los requerimientos de colección de polvo de alguna industria en particular.

| | SNC | ΔP | η | CETI | CAME |
|--|-----|------------|--------|------|------|
| COLECTORES MECANICOS | | | | | |
| Cámara de sedimentación | a | b | b | b | b |
| Desviador | b | b | b | b | b |
| Ciclón de alta eficiencia | b | r | r | b | b |
| FILTROS DE MATERIAL TEJIDO | | | | | |
| Limpieza manual | r | r | a | r | r |
| Limpieza automática por agitación | r | r | a | r | r |
| Limpieza automática con contracorriente de aire a presión. | r | r | a | a | r |
| LAVADORES POR VIA HUMEDA | | | | | |
| Desviadores de choque | b | r | r | b | r |
| Torre de relleno | b | r | a | r | r |
| Venturi | b | a | a | r | a |
| PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS | | | | | |
| De un solo campo | b | b | a | a | b |
| De campos múltiples | r | b | a | a | b |

b: bajo
r: regular
a: alto

SNC: superficie necesaria del colector para limpiar 47 000 l/s
 ΔP : caída de presión
 η : eficiencia de colección
CETI: costo del equipo, transportación e instalación
CAME: costo anual de mantenimiento y energía

Tabla 2-2

CAPITULO 3

GENERALIDADES

POLVOS.- Son partículas sólidas formadas por subdivisión mecánica, por medio de molienda o por detonación de materiales orgánicos o inorgánicos tales como rocas minerales, metales, carbón, cereales, etc., cuyas partículas no tienden a flocular, pero sí tienden a asentarse por gravedad, sus dimensiones fluctúan entre 1 y 2000 micras.

Los materiales que pueden colectarse utilizando filtros de tela forman grupos que difieren en su facilidad de colección, en la tabla 3-1 se agrupan de los más fáciles de coleccionar a los más difíciles.

FILTRO DE TELA.- Un filtro de tela es aquel cuya función consiste en eliminar las partículas de polvo de una corriente gaseosa, cuando ésta se hace pasar unidireccionalmente a través de la tela, de tal manera que las partículas de polvo quedan retenidas en un lado de la tela, mientras que por el otro lado sale el gas limpio.

Las telas nuevas o muy limpias están relativamente más abiertas como para funcionar como filtros de superficie, ya que las partículas muy finas penetran en la tela hasta formar una capa de polvo sobre la misma, la cual funciona como un filtro para las siguientes partículas; con el tiempo, la acumulación de polvo sobre la tela origina que la eficiencia de colección se acerque a 100 %, pero la caída de presión también aumenta.

Los medios afelpados y los no tejidos se utilizan para que funcionen como filtros de profundidad y generalmente se emplean cuando se requiere una eficiencia de colección inicial mayor que la

| | | |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Aglomerados * | Arena | Acido ascórbico |
| Aserrín | Arena de fundición | Alúmina |
| Cocoa | Asbestos | Arcillas y ladrillos |
| Granos | Cal hidratada | Aspirina |
| Harina | Caniza de sosa | Azúcar |
| Polvo de cuero | Hules químicos | Caliza |
| Tabaco | Material celuloso | Caolín |
| | Perlita | Carbón |
| | Polvos fibrosos | Cemento |
| | Sal | Feldespato |
| | Talco | Goma natural |
| | Yeso | Negro de humo (acabado) |
| | | Percloratos |
| | | Pigmentos cerámicos |
| | | Polvos de roca y minerales |
| | | Sílica |

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Acido tánico | Carbón activado ** |
| Almidón | Detergentes |
| Canizas | Humos y productos dispersos |
| Coque | directos de reacciones |
| Estearatos | Leche en polvo |
| Fosfatos de amonio | Negro de humo (molecular) |
| Metálicos | |
| Oxidos de pigmentación | |
| Petroquímicos secos | |
| Polvos metálicos | |
| Plásticos | |
| Resinas | |
| Silicatos | |
| Tierra diatomácea | |
| Tintes | |

+ En general materiales estables física y químicamente.

** También incluye aquellos sólidos que son inestables física y químicamente, debido a su naturaleza higroscópica, sublimación y polimerización.

Tabla 3-1

obtenida con telas tejidas.

El medio afelpado generalmente se limpia con más frecuencia, por lo que la capa de polvo es menor, sin embargo, puede ocurrir que la capa de polvo crezca lo suficiente sobre la felpa de la tela, ocasionando que esta última funcione como un filtro de superficie.

La caída de presión es el factor que generalmente determina la frecuencia de limpieza o descarga del polvo acumulado.

Las telas tejidas, normalmente son más flexibles que las afelpadas, por ello, pueden limpiarse haciéndolas vibrar de alguna manera o flexionarlas con aire reverso.

El mejor nivel de eficiencia de colección que se puede alcanzar con consumos de potencia similares, se obtiene cuando se emplean filtros de tela.

FACTORES FISICOS DE LAS TELAS

Los factores físicos que intervienen en el desempeño adecuado de un filtro de tela son los siguientes:

- 1.- Efecto del Denier de la fibra.
- 2.- Peso de la tela.
- 3.- Tipo de tejidos.
- 4.- Permeabilidad.
- 5.- Resistencia a la tensión.
- 6.- Resistencia a la abrasión.
- 7.- Efecto de la tela sobre la eficiencia de filtración.
- 8.- Estabilidad dimensional.
- 9.- Acabado de la tela.
- 10.- Efecto de la electricidad estática.
- 11.- Cantidad de hilos.
- 12.- Diámetro del hilo.
- 13.- Efecto del afelpado.
- 14.- Tercido del hilo.

FACTORES FISICOS DE LAS TELAS

1.- Efecto del Denier de la fibra.

Como regla general se prefiere que la fibra tenga filamentos finos (menor Denier = $\text{g}/1000 \text{ m}$ de hilo), las ventajas que se tienen son: alta eficiencia, mayor área superficial y gran flexibilidad.

2.- Peso de la tela.

Las telas tejidas están normalmente en el intervalo de 150 a 600 g/m^2 (4 a 16 oz/yd^2), pero se prefieren las que están entre 150 a 370 g/m^2 (4 a 10 oz/yd^2).

Las telas de fieltro son generalmente más gruesas y pesadas que las tejidas, no son tan flexibles y generalmente se utilizan en colectores de polvo que utilizan un chorro de aire reverso para la limpieza, la cual es más intensa y frecuente.

3.- Tipo de tejidos (Fig. 3-1).

Los tejidos más comunes se enlistan a continuación, en orden decreciente del ajuste del entretejido del hilo, es decir, de la urdimbre (que es el hilo que corre en sentido longitudinal en la tela tejida) y de la trama (que es el hilo que corre a lo ancho de la tela tejida). El primer número se refiere a la urdimbre y el segundo a la trama.

| | |
|----------------------------------|-----|
| a) Razo o Taffeta | 1/1 |
| b) Cruzado regular | 2/1 |
| c) Cruzado regular | 3/1 |
| d) Cruzado interrumpido (cadena) | 2/2 |



BRUNO O TORRES
1/1



CRUZADO REGULAR
2/1



CRUZADO REGULAR
3/1



CRUZADO REGULAR
3/2



LIZO (BATHEN)
4/1



CRUZADO INTERDIS-
PUNDO (CAPENA)
1/2



PATA DE GALLO
(4 LIZO FLECHA)

Fig. 3-1 *

* Air pollution and industry, Ross, R.D. Van Nostrand
Reinhold Co., N.Y. USA, 1974

| | |
|--------------------|-----|
| e) Fata de gallo | 3/1 |
| f) Liso (sateen) | 4/1 |
| g) Liso, arriba de | 7/1 |

4.- Permeabilidad (ASTM).

La permeabilidad de una tela para filtrar se define como "la cantidad de aire atmosférico limpio, expresado en pie^3/min ($1 \text{ pie}^3/\text{min} = 0.47 \text{ l/s}$), que pasa por un pie^2 ($1 \text{ pie}^2 = 0.093 \text{ m}^2$) de tela, con una pérdida de presión de 0.5 pulgadas de columna de agua (1.27 cm c.a.), manométrica.

Sin embargo, en sí misma no es una especificación suficiente para una adecuada filtración. Normalmente se usan telas más abiertas, las cuales alcanzarán los niveles de eficiencia requeridos una vez que entren en operación. La permeabilidad alta, está asociada a telas con un peso menor a 350 g/m^2 (9 oz/yd^2).

La permeabilidad inicial de la tela es un valor que disminuye cuando el filtro de tela se pone en la corriente gaseosa, ya que la capa de polvo que se forma sobre la tela al inicio de la operación, se convierte en parte integral de la bolsa filtrante. La eficiencia de filtración se asegura con una determinada capa de polvo de filtrado. Una óptima eficiencia de filtración, sólo se obtiene conforme va aumentando la caída de presión debido al aumento del grosor de la capa de polvo.

5.- Resistencia a la tracción.

Las telas para filtros deben ser buenas en términos de resistencia a la tracción (kg/cm o lb/pulg), o tenacidad de la fi-

bra (g/Denier).

La resistencia mínima sugerida es de 8.92 a 17.85 kg/cm (50 a 100 lb/pulg). Generalmente los fieltros tienen una resistencia a la tracción de 35.7 a 89.2 kg/cm (200 a 500 lb/pulg). Las telas que tienen un valor de 8.92 kg/cm (50 lb/pulg) o menos, son consideradas frágiles como para brindar un servicio satisfactorio, en este caso se encuentran algunas telas de fibra de vidrio.

6.- Resistencia a la abrasión.

Las causas comunes del rompimiento de la tela se deben a alguna forma de abrasión. Algunas se deben a que los hilos se rompen por la abrasión existente en la superficie de la tela o por la abrasión entre los hilos.

Los filamentos y fibras de hebra pueden no tener la misma resistencia a la abrasión, especialmente cuando se tienen telas en donde el tamaño del hilo, el trenzado, el número de filamentos y la construcción de la tela, pueden afectar la durabilidad y la resistencia a la abrasión de la tela.

7.- Efecto de la tela sobre la eficiencia de filtración.

El filtro de tela determina la capa de polvo de filtrado, afectando de esta forma la eficiencia de filtración e influenciando también la caída de presión. La tela puede ser un soporte eficaz para el engrosamiento de la capa de polvo o torta de filtrado. El engrosamiento debe ser bueno para retener las partículas que van llegando, debe tener la suficiente área superficial para mantener una buena porosidad en la torta, con el tiempo ésta disminuye poco a poco.

La eficiencia óptima de filtración depende del desarrollo que tenga la capa de polvo o torta de filtrado.

8.- Estabilidad dimensional.

Un problema común en las telas es la tendencia de éstas a alargarse o a encogerse bajo una carga continua a temperaturas elevadas.

Algunos encogimientos ó dilataciones pueden variar la permeabilidad de una tela y provocar que el elemento filtrante se desprenda o quede demasiado ajustado para la limpieza adecuada. En algunos casos la tela se abre por tener una fuga excesiva después de limpiarla.

3.- Acabado de la tela.

El acabado de la tela es un proceso de revestimiento que puede ser sellado térmico, afelpado, etc. El acabado es muy importante para filtrar gases con telas.

El sellado térmico elimina un alto porcentaje de el potencial de pérdidas y brinda una mejor superficie de filtración. Cuando las fibras sintéticas se exponen a altas temperaturas, éstas tienden a aflojarse. El aflojamiento se manifiesta mediante fugas en las torceduras y en el relleno de la hilaza. Las fugas disminuyen la permeabilidad e incrementan la rigidez de la tela. Para controlar la tendencia al aflojamiento a elevadas temperaturas es conveniente hacer el acabado bajo condiciones de aflojamiento tanto como sea posible.

Para el caso de telas de filamentos, se puede reducir la presión de retorno con un afelpado en el lado donde se recibe la carga de polvo. El aumento de fibra en la superficie de la tela promueve la formación de la torta de filtrado.

Las telas de filamentos torcidos con hilos o hebras tejidos no requieren afelpamiento. El filamento entrelazado de hilo actúa como la fibra deshilada de hilo hebrado o de las telas de filamentos ligeramente afelpados en la superficie.

Los diferentes acabados pueden variar ligeramente la densidad de la fibra, el Denier y la permeabilidad, ya que no pueden controlarse estos factores; una variación entre 15% a 20% es común.

Un acabado de silicón en la tela brinda mayor lubricidad y resistencia a la humedad, en las telas de fibra de vidrio es esencial para alargar su vida, ya que protegen a la fibra contra la abradición.

Aparte del acabado con silicón (resina o aceite), también se puede tratar a la fibra de vidrio con grafito coloidal o con grafito-silicón.

Para que las telas filtrantes operen adecuadamente a las condiciones de diseño deben tener el acabado apropiado, así como la adecuada estabilización para reducir el cambio dimensional por encojimiento o alargamiento. Si alguno de los factores mencionados no es el indicado, durante la operación las telas tendrán variaciones en la permeabilidad y en su funcionamiento.

Generalmente se aplican los siguientes acabados:

- 1.- Termofijado en la tela cruda o en la fibra.
- 2.- Curado y termofijado.
- 3.- Termofijado en los crudos y tratamiento con resinas y silicónes.
- 4.- Curado, termofijado y tratamiento con silicónes.

Algunas telas pueden usarse en su acabado en crudo o con algunos de los acabados mencionados, además pueden llevar un aplanado, calandreado o tratamiento con alguna resina especial para obtener propiedades particulares en la tela.

El calandreado en las telas sirve para brindar una buena porosidad y obtener una superficie suave y tersa.

El presionado o aplanado de una tela sirve para mejorar la filtración y la retención de las partículas.

El hilo utilizado para coser las bolsas filtrantes, es del mismo material que el de la bolsa, el hilo que se use debe estar preencogido al mismo grado que la tela, con el fin de eliminar el encogimiento de la costura una vez que la bolsa filtrante se ponga en servicio.

El sellado térmico en las telas termoplásticas tiene la ventaja de que elimina los agujeros de las agujas, lo cual reduce las fugas ocasionadas por esos agujeros.

10.- Efecto de la electricidad estática.

Se sugiere que la selección de la fibra se haga en base a la carga electrostática en el polvo, de modo que la fibra y el polvo sean compatibles en este aspecto, no obstante, esto no puede ser posible debido a que la selección de la fibra se realiza primero en base a los requerimientos de temperatura, condiciones químicas, resistencia a la abrasión y costo.

En algunas ocasiones la electricidad estática es más una molestia que una ayuda. Se considera que la selección de la fibra es la adecuada si la eficiencia de colección no depende

de la electricidad estática.

11.- Cantidad de hilos.

Si la cantidad de hilos se reduce, ya sea en torcido o llenado (trama), la permeabilidad aumenta por el incremento en el área del poro y la eficiencia de colección inicial disminuye. Si la cantidad de hilos aumenta en cualquier dirección, la permeabilidad disminuye. Una gran cantidad de tejidos lisos son más fácilmente acomodados que una gran cantidad de tejidos planos. Por ejemplo, en una tela en donde se tenga una relación de 7/1 de tejidos lisos, puede hacerse con poros no visibles, sin embargo la tela puede tener una permeabilidad relativamente alta y una buena eficiencia.

12.- Diámetro del hilo.

Cuando el diámetro del hilo es grande, el número de poros es mínimo y la permeabilidad es baja, se aumenta la retención inicial de sólidos; inversamente, si el diámetro del hilo es pequeño y se tiene alta permeabilidad, la retención inicial de sólidos disminuye.

13.- Efecto del afelpado.

Algunas veces es aceptable el afelpado natural del hilo, sin embargo, las telas con un gran llenado de hilo pueden tener mucho afelpado y ocasionar que se formen bolas sobre la tela en los procesos en donde puede haber condensación, en otras palabras, un afelpado grueso está restringido para algunas aplicaciones, por ejemplo en la filtración de humos. El afelpado puede reducir la permeabilidad de la tela por arriba

del 50 %.

14.- Torcido del hilo.

Un mayor número de torcidos en el hilo aumentan la permeabilidad y disminuyen la eficiencia de colección inicial. Cuando el torcido aumenta, conviene reducir el diámetro del hilo.

Siempre que sea posible se deben instalar las telas con el acabado de fabricación normal, si la tela no brinda la filtración adecuada, los fabricantes de las fibras sintéticas, los productores de telas y los proveedores de los medios filtrantes, deben coordinarse para seleccionar de la manera más adecuada el medio filtrante que cubra las necesidades del cliente.

Cuando existen condiciones severas, la respuesta final está determinada por las pruebas efectuadas bajo las condiciones reales de filtración y de colección de polvos.

Estrechamente asociado con la selección de la tela está la selección del acabado adecuado de la tela.

Usando la información contenida en este trabajo, la selección de la tela se puede hacer más fácilmente, ya que el problema se reduce a tener una o dos telas que brindarán los mejores resultados.

MECANISMOS DE FILTRACION EN TELAS

Los mecanismos de filtración involucrados en la colección de polvos con bolsas filtrantes son los siguientes:

- 1.- Aglomeración.
- 2.- Intercepción de partículas por impacto.
- 3.- Difusión.
- 4.- Carga electrostática.
- 5.- Efecto del diámetro de la fibra.
- 6.- Torta o capa de polvo filtrante.
- 7.- Cribado.
- 8.- Retención.
- 9.- Efecto térmico.

1.- Aglomeración.

Las partículas arrastradas por el aire o el gas tienden a incrustarse o agregarse corriente arriba en la bolsa filtrante, permitiendo de esta forma una aglomeración y por consiguiente un aumento en el tamaño efectivo de las partículas; la aglomeración se realiza por medio de la gravedad, inercia, carga electrostática y difusión. El aumento en el tamaño de las partículas permite usar medios filtrantes más porosos a la vez que se incrementa la eficiencia de colección y disminuye la caída de presión y por lo tanto la frecuencia de limpieza.

2.- Intercepción de partículas por impacto.

El impacto se realiza sobre las fibras del medio filtrante y entre las partículas. Un medio filtrante nuevo, generalmente tiene poros más grandes que el tamaño de las partículas que van a ser colectadas, inicialmente algunas partículas pasarán a través del medio filtrante, pero otras chocan sobre la superficie de las fibras y otras lo hacen sobre las partículas previamente colectadas. Con el tiempo, el diámetro de los poros disminuye y cada vez son menos, a la vez que son más largos y tortuosos. Cuando la capa de polvo aumenta su espesor, la porosidad disminuye y el tamaño medio de las partículas que atraviesan la capa de polvo es menor.

Mientras más grande sea el tamaño de las partículas o más pequeños sean los poros del medio filtrante, existe mayor probabilidad de que las partículas se impacten por inercia sobre las fibras, en tanto que si los poros del medio filtrante son grandes y el tamaño de las partículas es menor, la probabilidad de que las partículas choquen con las fibras y ocupen los poros entre ellas es menor.

El impacto se puede aumentar con un incremento en la velocidad de la corriente del gas.

3.- Difusión.

Cuando las partículas del polvo son demasiado pequeñas, son influenciadas por las moléculas de la corriente gaseosa, forzándolas a tener un movimiento Browniano. La colección de partículas de diámetro pequeño por difusión, es en cierta forma un mecanismo de impacto, ya que las partículas son capturadas por la superficie del filtro o por las partículas atrapadas en él. La difusión es efectiva para partículas con diámetro menor a 1 micra.

4.- Carga electrostática.

Cuando las partículas chocan y se separan, una puede donar electrones a la otra originando una carga electrostática. Las partículas cargadas se ponen en contacto con el filtro (el cual puede ser un mal conductor de electricidad estática), creando una acumulación de carga. Si existe una diferencia en polaridad de la tela y el polvo, se produce una atracción. La carga electrostática es un mecanismo muy importante en la colección de polvos, especialmente para partículas menores a 5 micras. La importancia de este mecanismo ha originado que se fabriquen medios filtrantes que favorezcan este mecanismo, ello se ha logrado tratando al medio filtrante con alguna resina.

Algunas veces la carga interfiere con la limpieza de la capa de polvo, originando una caída de presión alta.

5.- Efecto del diámetro de la fibra.

El diámetro de la fibra es un factor muy importante en la filtración de polvos. Mientras más fina sea la fibra, existe más área disponible para filtrar, hay mayor colección de partículas y por lo tanto la eficiencia es mejor.

La eficiencia de impacto para partículas esféricas de densidad uniforme varía inversamente con respecto al diámetro de la fibra.

6.- Torta o capa de polvo filtrante.

Las características de la capa de polvo cambian constantemente durante el ciclo de filtración. La primera capa de polvo es relativamente más gruesa, cambia la porosidad del medio filtrante más que cualquier otra capa subsiguiente. La primera capa llega a ser compañía permanente del medio filtrante y ambos operan como un solo sistema. Esta capa se conoce como "Torta permanente de filtrado".

Las capas subsiguientes de polvo disminuyen su porosidad como consecuencia de atrapar partículas más finas, hasta que el medio filtrante se llena totalmente de polvo. El grosor del medio filtrante así como su área superficial, controlan la porosidad de la capa de polvo y determinan el espesor de la misma.

El medio filtrante debe permitir que la capa de polvo aparezca y crezca rápidamente después de cada ciclo de limpieza.

La capa de polvo determina la eficiencia de filtración y la caída de presión en el colector.

Originalmente el medio filtrante tiene un efecto mínimo en la

caída de presión, pero en cuanto la capa de polvo aumenta su grosor, se produce un incremento en la caída de presión. Se debe utilizar el método de limpieza más adecuado para remover la cantidad de polvo que se considere necesaria.

7.- Cribado.

En el cribado, la capa de polvo actúa como malla, obteniéndose de esta forma una óptima separación de las partículas.

8.- Retención.

Cuando existen presiones diferenciales extremas, puede producirse un colapso entre la capa de polvo y el filtro y generarse una migración de partículas corriente abajo.

La presión obliga a las partículas a permanecer en la misma posición después de haber sido atrapadas. Sería de gran utilidad que las partículas pudieran removerse del medio filtrante tan fácilmente como son colectadas, lamentablemente esto no sucede.

9.- Efecto térmico.

Si existiera una variación térmica que ayudara a la atracción de las partículas hacia la capa de polvo, ésta variación sería muy pequeña y en estado estable no existe, por lo que este mecanismo sólo debe tomarse como uno de menor importancia.

COLECTORES DEL TIPO DE BOLSAS

Los colectores de polvo del tipo de bolsas de mayor aplicación comercial son los siguientes:

- 1.- Cámara intermitente de filtros con limpieza manual o por agitación mecánica.
 - 2.- Cámara automática de filtros de bolsa con agitación mecánica.
 - 3.- Cámara automática de bolsas con limpieza con aire por flujo invertido.
 - 4.- Cámara de bolsas con limpieza por chorro de aire en anillo, con corriente invertida.
 - 5.- Cámara de bolsas con limpieza con chorro de aire intermitente.
- La tabla 3-2 resume los tipos básicos de colectores de esta clase.

- 1.- Cámara intermitente de filtros con limpieza manual o por agitación mecánica.

Es el más sencillo de este tipo de colectores, todavía se usa en tamaños muy variados, dependiendo de la capacidad que se requiera.

Componentes principales.

La cámara de filtros de bolsa, consta de un recipiente dividido por un espejo. En la parte superior de la división está el medio filtrante, que puede estar formado por uno o varios tubos, diseñados para proporcionar la superficie de filtración necesaria en el espacio disponible. La parte inferior puede estar formada por una o más tolvas piramidales, o si el reci-

RESUMEN EN LOS TIPOS BASICOS DE FILTROS DE TEJIDO CON BOLSAS EN FORMA DE TUBO

| Tipo básica de cámara de bolsa | Tipo de bolsa | Dirección normal del flujo de gas durante la filtración A través del colector A través del tubo | | Limpieza de los tubos Método | período de limpieza | Proporción a la hora m ³ /hr | Espesor necesario | Costo por metros de material |
|--|-----------------|---|-------------------------|--|--|---|-------------------|------------------------------|
| Intermitente | tubo de tejido | hacia arriba | de adentro hacia afuera | agitación manual o con aplicación de energía | periódicamente cuando se para | 0.3-1.2 | muy grande | bajo |
| Convencional | tubo de tejido | hacia arriba | de adentro hacia afuera | agitación automática mecánica o neumática | intermitente por compartimientos aislados | 0.3-1.2 | muy grande | bajo |
| Con limpieza de flujo invertido | tubo de tejido | hacia arriba | de adentro hacia afuera | se pliega el tubo automáticamente por presión baja del flujo invertido | intermitente por compartimientos aislados | 0.3-1.2 | muy grande | bajo |
| Limpieza con anillo de chorro a presión | tubo de fieltro | hacia abajo | de adentro hacia afuera | anillo móvil con aire a presión | continuo cuando hay mucho polvo o intermitente si hay poco polvo en el flujo del gas | 0.91-2.4 | grande | alta |
| Limpieza con chorro intermitente a presión | tubo de fieltro | hacia arriba | de afuera adentro | chorro intermitente a presión alta | programado por múltiples mientras fluye el gas | 0.91-2.4 | grande | alta |

Tabla 3-2 *

* Air pollution and industry, Ross, R.D., Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. USA, 1974

piente es largo, puede haber solamente una tolva a lo largo del mismo. Las unidades pequeñas se venden ya armadas, pero las grandes se venden en piezas sueltas provistas de salientes para facilitar el ensamblado. En la fig. 3-2, se muestra un colector de este tipo con una sola bolsa, sin embargo, el colector puede tener el número necesario de ellas para proporcionar la capacidad requerida. Cada bolsa filtrante se mantiene estirada entre una tapadera superior montada en forma flexible y un casquillo inferior que forma parte del espejo.

Flujo del gas durante el ciclo de filtración.

Bajo condiciones normales de funcionamiento, el gas sucio se introduce por debajo del espejo. Debido a que la velocidad del gas disminuye a la entrada del colector, las partículas gruesas de polvo sedimentan directamente en la tolva, mientras que las partículas finas y todo el gas pasarán hacia arriba por el interior del medio filtrante. El gas saldrá por la pared de la tela, mientras que el polvo queda atrapado en el interior de la tela filtrante. El gas limpio se descarga en un conducto que va a dar al ventilador. Como el polvo que se reúne aumenta el grosor de la torta del filtro en el interior de las bolsas tubulares, la pérdida de carga aumenta, es decir, la diferencia de la presión estática entre el lado sucio y el lado limpio de la bolsa.

Periódicamente se deja de utilizar el colector para poder limpiar las bolsas.

Ciclo de limpieza.

Durante el ciclo de limpieza se apaga el ventilador para que el gas deje de circular por el colector. Los extremos superiores de las bolsas están montados en forma flexible y se sacuden mecánicamente. La agitación debe ser lo suficientemente fuerte para desprender la mayor parte de la torta del filtro depositada en la superficie interna de la bolsa para que caiga en la tolva. Es importante que quede atrapada una capa de polvo en el tejido, para que no disminuya la eficiencia colectora. En algunos casos en que se requieran eficiencias de colección extremadamente altas, el recubrimiento previo y posterior después de sacudir se logra introduciendo polvo grueso u otro material de recubrimiento. Para calcular el tamaño del colector es conveniente tomar en cuenta el ciclo de funcionamiento de la instalación en que se produce el gas sucio.

Características especiales o alternativas.

Generalmente cuando el equipo es pequeño se encuentra en una gran variedad de formas. En una de ellas la tolva se sustituye por un fondo plano, o un cajón o una puerta por los que se extrae el polvo. Esa forma manual de eliminar el polvo puede ser útil cuando las cargas no son muy grandes y se puede lle-

2.- Cámara automática de filtros de bolsa con agitación mecánica.

Este colector es uno de los más usados.

Componentes principales.

Como se puede apreciar en la fig. 3-3, este colector consta de una cubierta o caja dividida en una porción inferior y otra superior por un espejo. La parte superior contiene las bolsas tubulares tejidas y la parte inferior consta de dos tolvas piramidales, cada una con una válvula, o una sola tolva larga con un conducto sellado en el que se encuentra un transportador helicoidal. Cada bolsa está estirada entre una tapadera superior montada en un muelle y un casquillo fijo inferior unido al espejo del colector. Para facilitar la instalación y sustitución de las bolsas, generalmente éstas van unidas a las tapas y a los casquillos por abrazaderas con tornillo sin fin o con muelles que se cierran rápidamente.

En los colectores industriales grandes diseñados para servicio continuo y automático, generalmente la caja se divide en varios compartimientos para poder sacar uno de operación y limpiarlo, mientras los otros compartimientos siguen operando sin que haya una gran pérdida de carga o de velocidad en el gas. Cada compartimiento tiene su propia tolva, el gas se introduce por cada tolva a través de un múltiple de entrada común y el gas limpio se descarga por un múltiple de salida común.

2.- Cámara automática de filtros de bolsa con agitación mecánica.

Este colector es uno de los más usados.

Componentes principales.

Como se puede apreciar en la fig. 3-3, este colector consta de una cubierta o caja dividida en una porción inferior y otra superior por un espejo. La parte superior contiene las bolsas tubulares tejidas y la parte inferior consta de dos tolvas piramidales, cada una con una válvula, o una sola tolva larga con un conducto sellado en el que se encuentra un transportador helicoidal. Cada bolsa está estirada entre una tapadera superior montada en un muelle y un casquillo fijo inferior unido al espejo del colector. Para facilitar la instalación y sustitución de las bolsas, generalmente éstas van unidas a las tapas y a los casquillos por abrazaderas con tornillo sin fin o con muelles que se cierran rápidamente.

En los colectores industriales grandes diseñados para servicio continuo y automático, generalmente la caja se divide en varios compartimientos para poder sacar uno de operación y limpiarlo, mientras los otros compartimientos siguen operando sin que haya una gran pérdida de carga o de velocidad en el gas. Cada compartimiento tiene su propia tolva, el gas se introduce por cada tolva a través de un múltiple de entrada común y el gas limpio se descarga por un múltiple de salida común.

Flujo del gas durante el ciclo de filtración.

Durante el funcionamiento normal se introduce el gas sucio por debajo del espejo y hacia la parte superior de la tolva. Como la velocidad del gas disminuye al entrar, las partículas más gruesas sedimentan directamente en la tolva. Las partículas más finas y todo el gas pasan hacia arriba a las bolsas de tela y posteriormente, del interior sucio de la bolsa hacia el exterior que es el limpio. El gas limpio se reúne en la caja y se descarga por un múltiple común de salida. Conforme crece la capa de polvo se tiene una mayor caída de presión. Periódicamente, de acuerdo a un programa planeado se antemano o vigilando la caída de presión, el colector pasa al ciclo de limpieza.

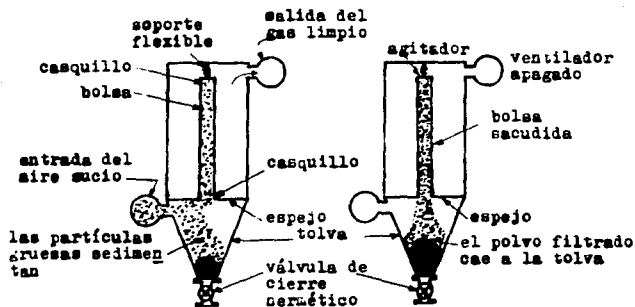
Ciclo de limpieza.

Durante el ciclo de limpieza se cierra la válvula de mariposa que normalmente está abierta. Los extremos superiores de las bolsas, montados flexiblemente a menudo en una estructura común de soporte, se agitan por medios mecánicos o neumáticos. La agitación hace que se desprenda la torta de polvo de la superficie interior del filtro y que caiga en la tolva. En algunos ciclos de limpieza, se hace entrar una determinada cantidad de aire atmosférico o secundario al interior de la caja para facilitar la limpieza de las bolsas y acelerar la caída del polvo. Al terminar el ciclo de limpieza, la válvula de mariposa de salida se abre, reincorporando el compartimiento al conjunto operante.

De esta forma se limpian los compartimientos, uno cada vez, para mantener la pérdida de carga en todo el colector en un valor nominal o muy próximo a él.

Características especiales o alternativas.

En algunos diseños hay una tolva general a lo largo de los compartimientos. En este, el gas sucio se puede introducir en un extremo de la tolva, la cual también sirve de múltiple de entrada común. El polvo se elimina con un transportador helicoidal sellado que se desliza a lo largo de la tolva, la descarga del transportador se realiza por medio de una válvula rotatoria. Aunque la forma de montar las bolsas que se ha descrito anteriormente es la más frecuente, existen muchas más, tantas como fabricantes. El método de agitación puede variar desde la forma manual a una amplia gama de métodos mecánicos y neumáticos, con o sin la ayuda de una corriente de presión inversa.

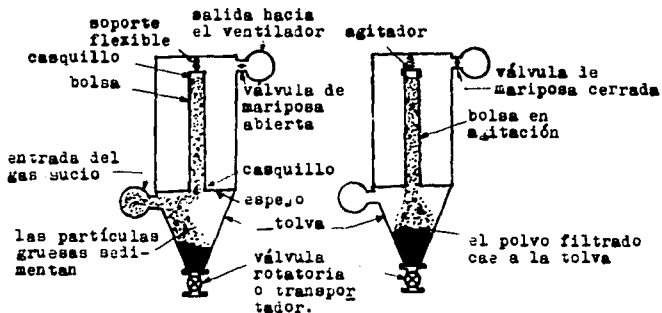


CICLO DE FILTRACION

CICLO DE LIMPIEZA

Cámara intermitente de filtros con limpieza por sacudida manual o mecánica

Fig. 3-2 *



CICLO DE FILTRACION

CICLO DE LIMPIEZA

Cámara automática convencional de filtros de bolsa con agitación automática

Fig. 3-3 *

3.- Cámara automática de bolsas con limpieza con aire por flujo invertido.

Componentes principales.

Como se muestra en la fig. 3-4, este colector consta de una caja o cubierta liviandada en los partes por un espejo. La parte superior contiene las bolsas de tela y la inferior la tolva, ésta puede ser continua corriendo a lo largo de los compartimientos, o una serie de tolvas piramidales, cada una correspondiente a un solo compartimiento.

El gas sucio puede suministrarse por una sola entrada si se trata de una tolva continua o por un múltiple común si se trata de varias tolvas piramidales. Cada bolsa tubular está unida por una pinza a un casquillo en el extremo inferior y a una tapa superior montada en un anillo, por la parte superior.

Flujo del gas durante la filtración.

Durante el ciclo de filtración el gas entra por un múltiple común a cada tolva, sube por los filtros, atraviesa éstos y finalmente sale por un múltiple común. Inicialmente, la tolva sirve para la sedimentación de las partículas más gruesas.

Ciclo de limpieza.

Durante el ciclo de limpieza, se cierra la válvula de mariposa que normalmente está abierta. Al mismo tiempo se abre una pequeña válvula de respiradero y penetra por ella el aire atmos-

férico a la caja, haciendo que las bolsas se flexionen. Simultáneamente se rompe la torta del filtro y cae a la tolva con la ayuda de una corriente inversa de aire. La contracorriente se mantiene por succión desde el múltiple de entrada común, el cual se mantiene abierto. Al terminar el ciclo de limpieza se abre la válvula de mariposa de salida y se cierra el respiradero. Los compartimientos se limpian uno a uno, de acuerdo a un plan preestablecido o vigilando la caída de presión.

Características especiales o alternativas.

Algunos filtros tubulares están equipados con anillos espaciados periódicamente a lo largo de ellos, con lo cual se mejora la limpieza de las bolsas. Algunos programas de limpieza abren y cierran válvulas varias veces, repitiendo así la extensión y el flexionamiento de las bolsas.

Algunos fabricantes tienen modelos que sacuden simultáneamente las bolsas durante el ciclo de limpieza.

En otros modelos, los filtros de tela se agrupan en compartimientos que se limpian periódicamente con chorros de aire a contracorriente a alta presión dirigidos hacia el lado limpio o hacia el lado sucio.

4.- Cámara automática de bolsas con limpieza por chorro de aire en anillo, con corriente invertida.

Componentes principales.

Como se muestra en la fig. 3-5, éste colector consta de una cubierta dividida en tres partes por medio de un espejo y otra lámina inferior. El espacio que se encuentra por encima del espejo, sirve de múltiple de entrada común para varios compartimientos. La parte central de la cámara contiene los filtros tubulares y la parte inferior consiste de una serie de tolvas piramidales individuales, cada una con su propia válvula, o de una tolva general extendida, con un transportador helicoidal hermético. Las bolsas están estiradas y sujetas por pinzas, entre los casquillos que se encuentran en el espejo y en la lámina inferior.

Flujo del gas durante el ciclo de filtración.

El gas sucio entra por el espacio que está por encima del espejo, pasa hacia abajo por los filtros tubulares y posteriormente hacia afuera a través de éstos. El polvo queda depositado en la pared interior del filtro. El gas limpio se descarga por un múltiple de salida común.

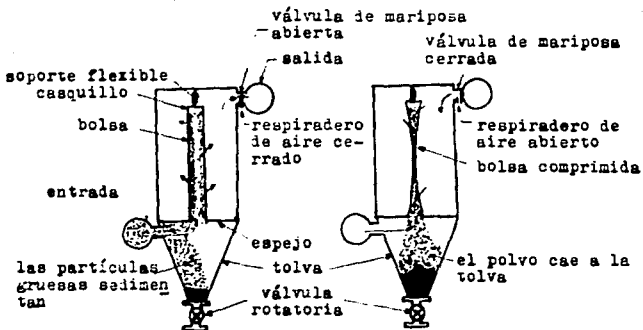
Ciclo de limpieza.

Cada bolsa la limpia un anillo móvil con aire a presión, el

diámetro del anillo es ligeramente menor que el diámetro exterior del tubo. Estos anillos se hacen subir y descender alternativamente en grupos, a lo largo de todo el tubo filtrante. Hay una ranura anular en el anillo a lo largo de su diámetro interno que dirige el aire a presión a través del tejido y al interior del filtro. La velocidad es suficiente para eliminar la torta del filtro. El aire a presión entra al anillo por tubos flexibles. El mecanismo que eleva y baja los anillos funciona en el lado limpio de los filtros de bolsa. Se hace notar que los ciclos de filtrado y de limpieza tienen lugar simultáneamente. En este tipo de colector no es tan necesaria la división en compartimientos, ya que todos los tubos están funcionando continuamente.

Características especiales o alternativas.

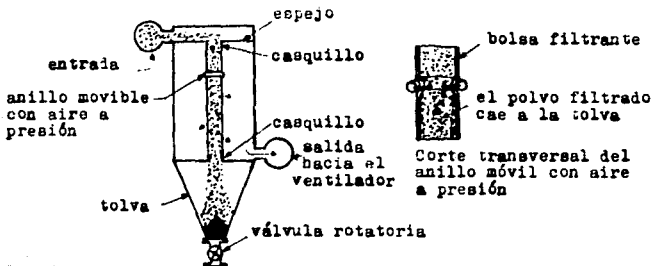
En los casos en que el gas contiene una carga grande de partículas, el ciclo es continuo. Cuando hay pocas partículas suspendidas en el gas, se programa un ciclo de limpieza para que funcione periódicamente.



CICLO DE FILTRACION CICLO DE LIMPIEZA

Cámara automática de bolsas con limpieza de
aire por flujo invertido

Fig. 3-4 *



CICLO DE FILTRACION Y DE LIMPIEZA

Cámara de bolsas con chorro a contracorriente
en anillo movable

Fig. 3-5 *

5.- Cámara de bolsas automática con limpieza de chorro intermitente.

Componentes principales.

Como se muestra en la fig. 3-6, la caja se divide en una porción superior y otra inferior por medio de un espejo. La porción superior, más pequeña, sirve de múltiple de descarga común del gas limpio. Para cada tubo filtrante hay un casquillo en forma de tubo venturi y encima de cada tubo hay un conducto de aire a presión. El medio de filtración está montado en un armazón interno con fondo cerrado. La porción inferior de la caja se abre a una sola tolva o a tolvas múltiples piramidales.

Flujo del gas durante el ciclo de filtración.

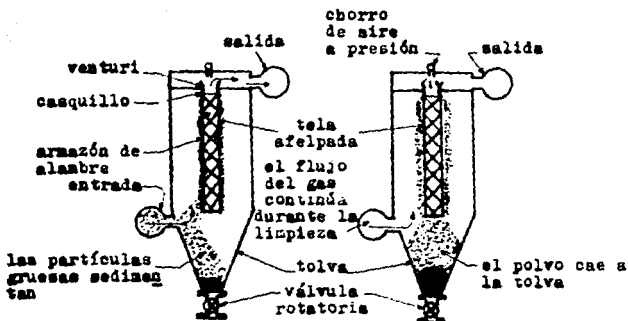
El gas entra en la parte inferior de la caja encima de la tolva, ésta última sirve como cámara de sedimentación en la que caen las partículas más gruesas sin necesidad de filtración. Después, la corriente del gas asciende a la caja alrededor de los tubos filtrantes y posteriormente entra a éstos a través de la tela. En este caso, la torta se forma en la parte externa del tubo filtrante, que conserva su forma gracias al armazón interno. El gas limpio pasa hacia arriba y se descarga a través de un múltiple de salida.

Ciclo de limpieza.

Periódicamente se hacen circular corrientes de aire a presión considerable a través del venturi hacia los tubos individuales. La fuerza del chorro intermitente hace que el tubo de te la se hinche, con lo cual se desprende la torta del filtro. El ciclo generalmente limpia varios tubos a la vez por medio de conjuntos de múltiples. La frecuencia de la limpieza sólo está limitada por la duración de la bolsa filtrante.

Características especiales o alternativas.

Cada fabricante tiene sus diseños patentados, que se distinguen por las boquillas, los venturis y el arreglo de las bolsas filtrantes, calculados para prolongar la vida útil y reducir la pérdida de presión y el consumo de aire a alta presión.



CICLO DE FILTRACION CICLO DE LIMPIEZA
 Cámara de bolsas automática con limpieza de
 chorro intermitente

Fig. 3-6 *

* Air pollution and industry, Ross, R.D., Van Nostrand Reinhold
 Co., N.Y. USA, 1974

5.- Otros tipos de colectores.

Existen otros tipos de colectores de polvo que emplean filtros de tela. Las variantes conservan las características del funcionamiento básico. La selección se debe basar en una evaluación de los costos del aparato instalado y de funcionamiento, incluyendo la duración de las bolsas, la sustitución de las mismas y el costo del trabajo del cambio.

A continuación se mencionan otros tipos de colectores de polvo que utilizan telas filtrantes:

- a) Filtros de tela en forma de funda. Hay varios diseños de cámaras automáticas de filtros de tela que emplean bolsas en forma de fundas. En algunos modelos, la funda tiene costuras que la convierten en una serie de tubos unidos. Hay diseños de cámaras con filtros de tela con limpieza por flujo invertido, equipadas con bolsas en forma de funda, montadas horizontalmente en armazones. La limpieza se realiza con un dispositivo de corriente invertida que se extiende a través de la parte ancha del colector.
- b) Flujo inverso de chorro a presión. En esta variante del colector de limpieza con corriente invertida, se añade un chorro intermitente de arriba hacia abajo de los tubos. El flujo inverso y el chorro se programan de forma que se alternan durante el ciclo de limpieza.

c) Cartucho de filtro desechable. Este tipo de colector, generalmente de pequeña capacidad, se emplea cuando el polvo es muy difícil de eliminar de los tejidos empleados para filtrar.

Para poder hacer una buena aplicación de un colector de polvo, es necesario conocer bien todos los factores que intervienen en la selección del mismo. La aplicación de un colector de polvo también va a depender de las limitaciones de espacio que se tengan.

Los colectores de polvo del tipo de bolsas tienen una amplia aplicación en la industria química, minera, alimenticia, textil, metalúrgica, papelería, petroquímica, cementera y generalmente hablando, en cualquier tipo de industria en donde exista la necesidad de controlar los polvos que se emitan a la atmósfera.

El objeto de usar colectores de polvo del tipo de bolsas en la colección o separación de polvos consiste en:

- 1.- Evitar la contaminación atmosférica.
- 2.- Evitar molestias.
- 3.- Evitar riesgos y peligros para la salud.
- 4.- Mejorar la calidad de los productos.
- 5.- Recuperación de un producto valioso.
- 6.- Recuperación de producto en proceso.
- 7.- Vnteo de equipos.

RESPONSABILIDADES DEL CLIENTE

- 1.- Comprensión total de las características de operación y funcionamiento del colector de polvo, así como de las necesidades de servicio y reparación a intervalos regulares.
- 2.- Instalación y mantenimiento del colector de polvo y de los accesorios de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- 3.- Eliminación del polvo de las tolvas a intervalos regulares o en forma continua, utilizando los métodos apropiados.
- 4.- La carga de los sólidos en el gas no debe aumentarse, ni cambiar la aplicación, sin el conocimiento del fabricante, ya que el funcionamiento del colector no será el adecuado.
- 5.- El equipo debe mantenerse sin fugas, ya que éstas pueden afectar el funcionamiento del colector.
- 6.- Se debe informar al fabricante sobre las condiciones ambientales importantes que pudiesen afectar al equipo.

CAPITULO 4

MATERIALES SINTETICOS Y NATURALES PARA LA FABRICACION DE BOLSAS

MATERIALES SINTETICOS

El campo de la colección de polvos se ha ampliado notablemente, debido a esto, los fabricantes de telas han mejorado las propiedades de éstas, con el fin de ofrecer al cliente un medio filtrante que cubra las características requeridas para aplicaciones especiales.

En este capítulo se proporciona información relativa a las fibras sintéticas y las telas hechas con estas fibras, para indicar las ventajas de una tela con respecto a otra y de esta forma hacer la mejor selección; por ejemplo, algunas fibras presentan una resistencia sobresaliente a los ácidos y otras a los álcalis. Algunas fibras presentan una resistencia excelente a altas temperaturas. La resistencia a la abrasión y a las condiciones ambientales de algunas fibras sintéticas brindan un ahorro considerable, debido a que la vida útil es mayor y además aumenta la eficiencia del equipo con una reducción de los tiempos muertos y en algunos casos con la recuperación de los polvos con gran valor comercial.

El costo inicial de las fibras sintéticas puede ser mayor que el de las telas fabricadas con fibras naturales, sin embargo, proporcionan un mayor servicio que a lo largo del tiempo puede hacer las más económicas.

Las fibras utilizadas para fabricar bolsas filtrantes son las siguientes:

- 1.- Fibras acrílicas.
- 2.- Fibras modacrílicas.
- 3.- Nylon (poliamidas).
- 4.- Nylon Nomex.
- 5.- Poliéster.
- 6.- Polipropileno.
- 7.- Teflón.
- 8.- Fibra de vidrio.
- 9.- Fibras naturales.

1.- FIBRAS ACRILICAS.

Las fibras acrílicas son de peso ligero. Resistentes a la flexión y a la elongación. No son tan reactivos con ácidos, pero los álcalis tienden a ponerlas amarillas. La electricidad estática parece ser un problema inherente de algunas fibras acrílicas y modacrílicas, especialmente cuando la humedad relativa a temperatura ambiente es baja.

2.- FIBRAS MODACRILICAS.

El modacrílico más usado para filtración y colección de polvos se fabrica bajo el nombre comercial de "Dynel".

Los modacrílicos normalmente presentan buena resistencia química, a la abrasión y presenta excelente estabilidad dimensio

nal y no son atacados por muchos ácidos y álcalis, aún a altas concentraciones, retienen el 95 % de su resistencia física cuando están húmedas, pero el calor seco y húmedo degradan a los modacrílicos más que a otras fibras.

3.- NYLON (POLIAMIDAS).

Existen tres tipos de nylon disponibles para fabricar telas: Nylon 6-6, Nylon 6 y Nylon Nomex. El Nylon 6-6 y 6 tienen características similares, el Nylon Nomex difiere considerablemente, por lo que se le tratará aparte.

El Nylon 6 tiene un punto de fusión inferior al del Nylon 6, y además tiene baja resistencia a temperaturas extremas. La resistencia del Nylon a la abrasión a bajas temperaturas permite que sea el material filtrante más utilizado cuando se colectan polvos abrasivos. La flexibilidad del Nylon lo hace ideal cuando se requiere esta característica en el medio filtrante, proporcionando además una buena caída de la capa de polvo.

5.- NYLON NOMEX.

Tiene excelente resistencia a la temperatura y buena estabilidad dimensional. Puede usarse a temperaturas en las que otras fibras se funden y la ventaja con respecto a la fibra de vidrio es que resiste el ataque de fluoruros; presenta además buena resistencia a la abrasión y a la flexión.

6.- POLIPROPILENO.

Esta fibra combina algunas propiedades importantes tales como: baja densidad, por lo que se tiene un gran rendimiento por kilogramo de fibra, alta resistencia física, resistencia excelente a la mayoría de los ácidos y álcalis.

Las fibras de Polipropileno se fabrican bajo nombres comerciales tales como: Herculon, Reevon, Vectra, etc. La tersura de la fibra proporciona a la tela la fácil caída de la capa de polvo, además de presentar buena resistencia al taponamiento. La absorción de humedad es prácticamente nula.

El Polipropileno ha sido usado exitosamente a 73 °C cuando el acabado es crudo y a 121 °C cuando es termofijado.

7.- TEFLON.

Las fibras de fluorocarbono tienen el nombre comercial de Teflón y existen dos formas en el mercado:

- a) Hilos multifilamentados que están fabricados con el homopolímero politetrafluoruro etileno (TFE), y
- b) Hilos monofilamentados fabricados con el co-polímero de tetrafluoroetileno y hexafluoropropileno (FEP).

Ambos se componen de largas cadenas cuyas uniones están completamente saturadas por flúor. Las uniones entre el carbono y el flúor son extremadamente fuertes, de ahí que resulte una fibra que tiene una resistencia excepcional al calor y a sus-

tancias químicas. La fibra de Teflón sólo tiene como solventes conocidos algunos líquidos fluorados arriba de 300 °C, es inerte a los ácidos minerales y orgánicos concentrados, a los álcalis, a los agentes oxidantes y a los solventes orgánicos a temperaturas elevadas. La fibra es flexible y no se fragiliza en el intervalo de temperaturas de 38 a 260 °C. El Teflón resiste la exposición prolongada a temperatura de 230 a 260 °C sin degradarse, arriba de 260 °C inicia una descomposición lenta. Los productos gaseosos de la descomposición son muy tóxicos, por lo que deben eliminarse del área de trabajo mediante la ventilación adecuada.

Las fibras de Teflón tienen un coeficiente de fricción muy bajo, por ello, la capa de polvo sobre la bolsa de Teflón se desprende muy fácilmente; este factor aunado a las propiedades mencionadas anteriormente, hacen que el Teflón sea el material más adecuado para colección de polvos bajo condiciones severas de operación. La desventaja que tiene el Teflón es su baja resistencia a la abrasión, la cual es inferior a la de otras fibras sintéticas con excepción de la fibra de vidrio.

El alto precio de la fibra de Teflón limita un poco su uso en la colección de polvos, sin embargo, para aplicaciones en donde se tienen altas temperaturas, el Teflón puede resultar más económico con el tiempo.

8.- FIBRA DE VIDRIO.

El uso de esta fibra como medio filtrante en colectores de polvo lo inició una compañía norteamericana, la cual desarrolló un tratamiento y acabado que proporciona que proporciona cierta lubricidad a la fibra evitando de esta forma que exista abrasión entre sí. El proceso también hizo posible que la fibra resistiera temperaturas hasta de 285 °C, esta característica lo convierte en el material de mayor resistencia a la temperatura de todos los usados en la colección de polvo. Posteriormente se desarrollaron otros tejidos y acabados, así como nuevas fibras capaces de resistir altas temperaturas y con mejor resistencia química.

Básicamente hay dos tipos textiles de fibra de vidrio:

- a) De filamento continuo, y
- b) De filamento torcido

La diferencia entre estos dos tipos radica en que el filamento continuo sale libremente del horno que funde el vidrio y va a una bobina. El hilo de esta fibra consta de 51 a 406 de estos finos filamentos dependiendo de las características requeridas.

En el caso del filamento torcido se produce una fibra de 20 a 40 cm de largo, que se obtiene haciendo pasar chorros de aire a través del filamento al momento que está saliendo del horno, esta fibra se envía a un tambor rotatorio al vacío para hacer la madeja de fibra de vidrio que se utilizará para

hacer el hilo y posteriormente la tela.

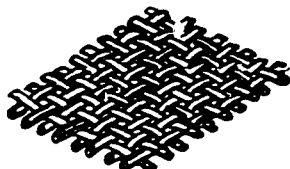
El torcido y dobles en los hilos hacen variar la resistencia, el diámetro y la flexibilidad de los mismos. Las fibras se tuercen hasta cierto número de vueltas previamente establecido.

La dirección del torcido se identifica con las letras "S" y "Z". Un hilo tiene torcido "S" cuando se sostiene en posición vertical y las espirales que se forma alrededor del eje central coinciden con la dirección de la pendiente de la parte central de la letra "S", el torcido es "Z" si las espirales coinciden con la dirección de la pendiente de la parte central de la letra "Z".

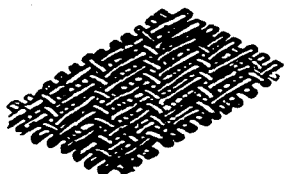
La fig. 4-1 muestra tres tipos de tejidos utilizados para la fabricación de telas de fibra de vidrio empleadas en la colección de polvo.

5.- FIBRAS NATURALES (ALGODÓN).

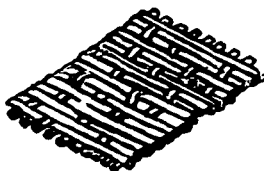
El algodón es la única fibra natural que se utiliza en la colección de polvo, debido a su bajo costo, excelente resistencia mecánica y buena resistencia a la abrasión.



TEJIDO LISO



TEJIDO CRUZADO



TEJIDO SATINADO
(PATA DE CUERVO)

Fig. 4-1 **

** Glass bags, Kenardi-Southern Filter Media, Boletín M5B-2

Con el fin de proporcionar una base con la cual poder decidir en un determinado momento que tela utilizar para resolver un problema de colección de polvo, a continuación se enlistan las resistencias térmicas y químicas de los materiales antes mencionados.

1.- FIBRAS ACRILICAS.

1.1. RESISTENCIA TERMICA DE LAS FIBRAS ACRILICAS.

- a) CALOR SECC.- Inferior al Nomex y al Teflón, los cuales son excelentes a este respecto, inferior a poliésteres y superior al Nylon y a fibras naturales.
- b) CALOR HUMEDO.- Inferior a la del Nylon Nomex y a la del Teflón, pero considerablemente superior a la de Poliésteres, Nylon, Rayón y fibras naturales.

1.2. RESISTENCIA QUIMICA DE LAS FIBRAS ACRILICAS.

- a) ACIDOS.- Satisfactoria a la mayoría de los ácidos minerales y orgánicos, superior a la de Poliamidas, Poliésteres y fibras celulósicas; pero inferior a la de otras fibras sintéticas.
- b) ALCALIS.- Inferior a la mayoría de las fibras, excepto las fibras de proteínas naturales como la seda y la lana.
- c) AGENTES OXIDANTES.- De buena a regular a la mayoría de los agentes oxidantes, superior a la de Poliamidas, polietileno y a la de fibras de proteínas naturales.

- d) SOLVENTES ORGANICOS.- Presenta buena resistencia a la mayoría de los solventes orgánicos, superior a la de los Modacrílicos, Polietileno y fibras de proteínas naturales.

2.- FIBRAS MODACRILICAS.

2.1. RESISTENCIA TERMICA DE LOS MODACRILICOS.

- a) CALOR SECO.- El encogimiento comienza a 121 °C, pero puede estabilizarse térmicamente a mayores temperaturas abajo del estado de ateesamiento. Para uso prolongado se debe considerar 83 °C como la temperatura máxima de operación. Es superior a los Acetatos, Polietileno, Sarán y Vinilo, pero es inferior a otras fibras.
- b) CALOR HUMEDO.- Como ocurre con la mayoría de las fibras, el calor húmedo tiene mayor efecto sobre la tela.

2.2. RESISTENCIA QUIMICA DE LOS MODACRILICOS.

- a) ACIDOS.- Los ácidos minerales y orgánicos en general tienen poco efecto incluso a altas temperaturas. Con excepción del ácido acético, el cual afecta a la fibra a altas concentraciones.
- b) ALCALIS.- Muy buena resistencia a los álcalis.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Excelente resistencia a la mayoría de los agentes oxidantes.

3.- NYLON (POLIAMIDAS).

3.1. RESISTENCIA TERMICA DEL NYLON.

- a) CALOR SECO.- Hasta los 121 °C la resistencia es razonable. Es superior a la de los acetatos metacrilicos pero inferior a la de las otras fibras.
- b) CALOR HUMEDO.- Funciona adecuadamente hasta los 105 °C sin embargo, su flexibilidad y resistencia a la abrasión permiten una amplia aplicación pero a temperaturas inferiores.

3.2. RESISTENCIA QUIMICA DEL NYLON.

- a) ACIDOS.- La mayoría de los ácidos minerales provocan degradación y descomposición parcial. Es soluble en ácido fórmico.
- b) ALCALIS.- Buena resistencia en la mayoría de las condiciones, mejor que la de los metacrilicos.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Altas concentraciones y temperatura extrema pueden causar degradación total.
- d) SOLVENTES ORGANICOS.- Buena resistencia a los más comunes, con excepción de los compuestos fenólicos que causan solubilidad.

4.- NYLON NOMEX.

4.1. RESISTENCIA TERMICA DEL NYLON NOMEX.

- a) CALOR SECO.- Puede usarse satisfactoriamente hasta una temperatura de 232 °C mientras no existan problemas de punto de rocío ácidos. No funde, pero arriba de 371 °C se degrada rápidamente.
- b) CALOR HUMEDO.- Con pequeñas cantidades de vapor de agua y altas temperaturas la resistencia es buena, pero a temperaturas elevadas y en contacto íntimo con vapor saturado, el Nylon Nomex presenta una pérdida progresiva de resistencia. Es más resistente que el Nylon 6-6 y muchas otras fibras.

4.2. RESISTENCIA QUIMICA DEL NYLON NOMEX.

- a) ACIDOS.- Resiste el ataque de los ácidos minerales y orgánicos mejor que el Nylon 6-6 pero no tan bien como los poliésteres y los acrílicos.
- b) ALCALIS.- Excelente resistencia a temperatura ambiente, se degrada con álcalis fuertes a temperaturas elevadas. Mejor resistencia que los Poliésteres y Acrílicos.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Al igual que el Nylon 6 y el 6-6, el Nylon Nomex se degrada en presencia de agentes oxidantes.
- d) SOLVENTES ORGANICOS.- Tiene muy alta resistencia a los hidrocarburos y a muchos otros solventes.

5.- POLIESTERES.

5.1. RESISTENCIA TERMICA DE LOS POLIESTERES.

- a) CALOR SECO.- Su resistencia es inferior a la del Teflón y Nylon Nomex, pero es superior a la de la mayoría de los materiales sintéticos.
- b) CALOR HUMEDO.- Pueden ser inferiores a la de otras fibras sintéticas debido a que sufren degradación hidrolítica bajo ciertas condiciones.

5.2. RESISTENCIA QUIMICA DE LOS POLIESTERES.

- a) ACIDOS.- Buena resistencia a la mayoría de los ácidos orgánicos y minerales, excepto a altas concentraciones de ácido nítrico ó sulfúrico.
- b) ALCALIS.- Buena resistencia a álcalis débiles y moderada a álcalis fuertes, a altas concentraciones y temperaturas los álcalis disuelven a los Poliésteres.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Buena resistencia a la mayoría de los agentes oxidantes.
- d) SOLVENTES ORGANICOS.- Excelente resistencia a la mayoría de los solventes organicos, los compuestos fenólicos atacan a los Poliésteres, la ciclohexanona a 155 °C los daña considerablemente.

6.- POLIPROPILENO.

6.1. RESISTENCIA TERMICA DEL POLIPROPILENO.

- a) CALOR SECO.- El Polipropileno presenta la más baja resistencia al calor seco que todas las demás fibras sintéticas, con excepción de los Modacrílicos. Pierde tenacidad en proporción directa con el aumento de temperatura. La tenacidad inicial brinda un amplio campo de aplicaciones.
- b) CALOR HUMEDO.- Tiene las mismas características de degradación que cuando se tiene calor seco.

6.2. RESISTENCIA QUIMICA DEL POLIPROPILENO.

- a) ACIDOS.- Muy buena resistencia a ácidos minerales y orgánicos. Es atacado por el ácido nítrico y por el clorosulfónico a altas temperaturas.
- b) ALCALIS.- Generalmente buena resistencia, excepto que la resistencia disminuye con hidróxido de sodio e hidróxido de potasio a altas concentraciones y arriba de 93 °C.
- c) AGENTES REDUCTORES.- Buena resistencia.
- d) SOLVENTES ORGANICOS.- Buena resistencia a la mayoría de los solventes, con excepción de las cetonas, ésteres e hidrocarburos aromáticos y alifáticos a altas temperaturas. Es soluble en hidrocarburos clorados a 71 °C.

7.- TEFLON.

7.1. RESISTENCIA TERMICA DEL TEFLON.

- a) CALOR SECO.- Excelente resistencia, puede ser usado en servicio continuo hasta 230 °C.
- b) CALOR HUMEDO.- La absorción de agua es nula, por lo que la resistencia es la misma que con calor seco.

7.2. RESISTENCIA QUIMICA DEL TEFLON.

- a) ACIDOS.- Inerte.
- b) ALCALIS.- Inerte.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Inerte.
- d) SOLVENTES ORGANICOS.- Inerte, con excepción de algunos líquidos fluorados arriba de 300 °C.

Las sustancias químicas que reaccionan con el Teflón son: los metales alcalinos, el trifluoruro de cloro y el flúor a altas presiones y temperaturas.

8.- FIBRA DE VIDRIO.

El acabado de la fibra consiste en llevar el hilo en forma continua a través de un horno a una temperatura en la que las barbas salientes del hilo son eliminadas y la fibra que da termofijada, después pasa a un baño químico para su afelpado, esta operación se controla a una presión determinada, posteriormente pasa a uno o dos hornos de curado, dependiendo de las características que se le quieran dar al hilo. La figura 4-2 muestra el diagrama del proceso realizado para el acabado final del hilo. Los acabados disponibles para fabricar telas filtrantes de vidrio son los siguientes:

8.1. RESISTENCIA TERMICA DEL SUPERMACO (Acabado a base de silicón).

- a) CALOR SECO.- Excelente hasta 260 °C.
- b) CALOR HUMEDO.- Excelente hasta 260 °C.

RESISTENCIA QUIMICA DEL SUPER MACO.

- a) ACIDOS.- Excelente.
- b) ALCALIS.- Regular.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Excelente.
- d) DISOLVENTES ORGANICOS.- Excelente.

8.2. RESISTENCIA TERMICA DEL GRAP-O-SIL (Acabado a base de silicón-grafito y fluorocarbono).

- a) CALOR SECO.- Excelente entre 260 a 315 °C.
- b) CALOR HUMEDO.- Excelente entre 260 a 315 °C.

RESISTENCIA QUIMICA DEL GRAP-O-SIL.

- a) ACIDOS.- Excelente.

- b) ALCALIS.- Regular.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Excelente.
- d) DISOLVENTES ORGANICOS.- Excelente.

8.3. RESISTENCIA TERMICA DEL MACO-SIL (Acabado a base de silicón y teflón).

- a) CALOR SECO.- Excelente hasta los 315 °C.
- b) CALOR HUMEDO.- Excelente hasta los 315 °C.

RESISTENCIA QUIMICA DEL MACO-SIL.

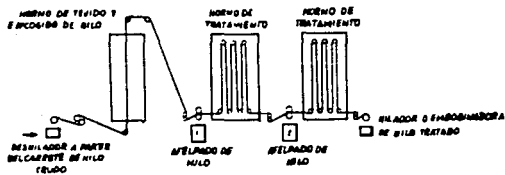
- a) ACIDOS.- Excelente.
- b) ALCALIS.- Buena.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Excelente.
- d) DISOLVENTES ORGANICOS.- Excelente.

8.4. RESISTENCIA TERMICA DEL MACO-F.

- a) CALOR SECO.- Excelente hasta 300 °C.
- b) CALOR HUMEDO.- Excelente hasta 300 °C.

RESISTENCIA QUIMICA DEL MACO-F.

- a) ACIDOS.- Excelente.
- b) ALCALIS.- Buena.
- c) AGENTES OXIDANTES.- Excelente.
- d) DISOLVENTES ORGANICOS.- Excelente.



ACABADO FINAL DEL HILO

Fig. 4-2 +

- + Glass bags, Menardi-Southern Filter Media
Boletín M5B-2

9.- FIBRAS NATURALES (ALGODON).

9.1. RESISTENCIA TECNICA DEL ALGODON.

- a) CALOR SECO.- El algodón tiene excelente resistencia al calor seco y en operación continua a 83 °C. La resistencia al calor seco es superior a la de algunas fibras sintéticas.
- b) CALOR HUMEDO.- Si no existen sustancias degradantes, la resistencia es esencialmente la misma que con el calor seco.

7.2. RESISTENCIA QUIMICA DEL ALGODON.

- a) ACIDOS.- Los ácidos diluidos y fríos no atacan a la fibra, pero calientes o concentrados si la atacan.
- b) ALCALIS.- Los hilos de la tela se abren en presencia de álcalis.
- c) COMPUESTOS ORGANICOS.- Tiene poca resistencia a los fungicidas, pero su flexibilidad puede reforzarse con baños de resinas especiales en su acabado.

PRUEBAS SENCILLAS DE IDENTIFICACION DE FIBRAS

Un aspecto importante de este trabajo es la identificación de la fibra con que se fabrican bolsas filtrantes, para tal fin, se pueden plantear métodos de identificación que pueden ser sencillos o un poco más complejos en los que se necesita equipo costoso.

Los métodos de prueba de este trabajo son muy útiles para fines prácticos, ya que en ellos no es necesario usar un equipo especial.

Las siguientes pruebas están basadas en la resistencia de las fibras al calor y a la flama.

Procedimiento.

- a) Acercar una muestra de la fibra que se va a identificar hacia una flama pequeña durante 3 segundos.
- b) Colocar un extremo de la muestra en la flama durante 3 segundos y observar las características de combustión de la muestra.
- c) Retirar la flama y observar las características de combustión nuevamente y notar el olor de la combustión (el olor puede compararse con el de las otras fibras conocidas).

d) Dejar enfriar la muestra y observar las características de las cenizas.

Las muestras pueden ser hilos o pedazos pequeños de tela.

En las tablas 4-1 y 4-2 , se indican las características observadas por este método.

d) Dejar enfriar la muestra y observar las características de las cenizas.

Las muestras pueden ser hilos ó pedazos pequeños de tela.

En las tablas 4-1 y 4-2 se indican las características observadas con este método.

| PIBRA | APROXIMANDOLA A LA FLAMA | EN LA FLAMA |
|---------------|---|-------------------------------------|
| Acetato | Funde fuera de la flama | Arde fundiéndose |
| Acrílica | Funde fuera de la flama | Arde fundiéndose |
| Modacrílica | Funde fuera de la flama | Arde muy lentamente fundiéndose |
| Nylon | Se funde y encoge fuera de la flama | Arde lentamente fundiéndose |
| Nitrilo | Funde fuera de la flama | Arde y funde |
| Poliétileno | Funde, se encoge y riza fuera de la flama | Arde fundiéndose |
| Polipropileno | Funde, se encoge y riza fuera de la flama | Arde fundiéndose |
| Poliéster | Se funde y encoge fuera de la flama | Arde lentamente fundiéndose |
| Rayón | No funde ni encoge fuera de la flama | Arde sin fundirse |
| Laran | Se funde y encoge fuera de la flama | Arde muy lentamente fundiéndose |
| Algodón | No funde ni encoge fuera de la flama | Arde sin fundirse |
| Seda | Funde y riza fuera de la flama | Arde lentamente fundiéndose un poco |
| Lana | Funde y riza fuerz de la flama | Arde lentamente fundiéndose un poco |

Tabla 4-1

| FIBRA | RETIRANDOLA DE LA FLAMA | CARACTERISTICAS DE LAS CENIZAS |
|---------------|--|--|
| Acetato | Continúa ardiendo fundiéndose | Deja borlitas negras, quebradizas de forma irregular |
| Acrílica | Continúa ardiendo fundiéndose | Deja borlitas duras, negras y quebradizas de forma irregular |
| Metacrílica | Se apaga por sí misma | Deja borlitas negras, duras y de forma irregular |
| Nylon | Normalmente se apaga por sí misma | Deja borlitas duras, redondas y resistentes de color gris |
| Nitrilo | Continúa ardiendo fundiéndose | Deja borlitas negras, duras y de forma irregular |
| Poliétileno | Continúa ardiendo fundiéndose | Deja borlitas duras, resistentes, rojizas, redondeadas |
| Polipropileno | Continúa ardiendo fundiéndose | Deja borlitas duras, resistentes, rojizas, redondeadas |
| Poliéster | Normalmente se apaga por sí misma | Deja borlitas duras, resistentes, negras y redondeadas |
| Rayón | Continúa ardiendo sin fundirse | No deja borlitas |
| Saran | Se apaga por sí misma | Deja borlitas duras, negras y de forma irregular |
| Algodón | Continúa ardiendo sin fundirse | No deja borlitas |
| Seda | Arde muy lentamente, a veces se apaga por sí misma | Deja cenizas suaves, esponjosas y negras |
| Lana | Arde muy lentamente, a veces se apaga por sí misma | Deja cenizas suaves, esponjosas y negras |

Tabla 4-2

La solubilidad de las fibras en ciertas sustancias como ácidos, álcalis o solventes orgánicos, es una propiedad muy importante para la identificación de las fibras. El siguiente método está basado en esta propiedad. †

Reactivos

- a) Solución de acetona al 70 % v/v.
 - b) Acido nítrico concentrado
 - c) Cloroformo
 - d) Acido fórmico
 - e) Solución de ácido clorhídrico 4.4 N
 - f) Acido oxálico
 - g) Nitrobenceno
 - h) Xileno
 - i) Acido fosfórico
 - j) Eter etílico
 - k) Benceno
 - l) Solución de hidróxido cuproamoniacal. Se agrega gota a gota hidróxido de amonio a una solución de 12g/l de sulfato cúprico, hasta que el precipitado formado quede casi disuelto
- † NOM-A-246-1983 Método de identificación primaria de fibras textile.

y se filtra. Esta solución debe prepararse inmediatamente antes de usarse.

m) Solución de ácido clorhídrico 5 N

Procedimiento

a) A menos que se indique lo contrario, los ensayos se efectúan a temperatura ambiente y con agitación moderada.

En la tabla 4-3 se enlistan las fibras y sus respectivos disolventes.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

| PIERA | DISOLVENTE |
|--------------------|--|
| 1.- Acetato | Sol. de acetona al 70 % durante 1 minuto |
| 2.- Acrílico | Acido nítrico concentrado durante 3 minutos |
| 3.- Modacrílico | Si la muestra no es soluble en cloroformo en 30 segundos, es modacrílico |
| 4.- Nitril | La descompone el ácido fórmico |
| 5.- Nylon 6 | Sol. de ácido clorhídrico 0.4 N durante 2 minutos |
| 6.- Nylon 6-6 | Sol. de ácido sulfúrico m/m al 40 % durante 2 minutos |
| 7.- Nylon Nomex | La descompone el ácido oxálico |
| 8.- Poliéster | Nitrobenceno a ebullición durante 5 minutos |
| 9.- Polietileno | Xileno durante 2 minutos |
| 10.- Polipropileno | Xileno durante 2 minutos, tetracloroetano a ebullición |
| 11.- Rayon viscosa | La descompone el ácido fosfórico |
| 12.- Saran | Eter etílico |
| 13.- Teflón | Si la muestra no es soluble en xileno, es teflón |
| 14.- Vinilo | Benceno |
| 15.- Vidrio | La descomponen álcalis fuertes |
| 16.- Algodón | Sol. de hidróxido cuproamoniacal durante 15 minutos |
| 17.- Lana | Sol. de hidróxido de sodio al 1 % durante 18 minutos |
| 18.- Seda | Sol. de ácido clorhídrico 5 N durante 5 minutos |

Tabla 4-3

Las siguientes pruebas están basadas en la coloración que adquieren las fibras cuando se trata con algunos reactivos.*

1) Reactivos.

- a) Reactivo de yodo cloruro de cinc. Se pesan 2 g de cloruro de cinc y se disuelven en 10 ml de agua, se agregan 2.1 g de yoduro de potasio y 0.1 g de yodo disuelto en 5 ml de agua, se agrega un cristal de yodo.
- b) Reactivo del millón. Se disuelve 1 ml de mercurio en 5 ml de ácido nítrico (94 %) y con 10 ml de agua. Este reactivo deberá prepararse cada vez que vaya a utilizarse.
- c) Solución de yoduro-ácido sulfúrico-glicerol.

Solución de yodo. Se pesan 3 g de yoduro de potasio y se colocan en un matraz de 1000 ml, se agregan 60 ml de agua y se agita. A esta solución se le agrega 1 g de yodo y se agita hasta que se disuelva completamente, finalmente se agregan 600 ml de agua y se mezcla bien.

Solución de ácido sulfúrico-glicerol. En un matraz Erlenmeyer de 1000 ml, se mezclan 200 ml de glicerol con 100 ml de agua; el matraz se introduce en un baño de agua fría, de manera que el nivel del baño cubra el volumen de la so-

* Basadas en la NCM-A-162-1971 (Identificación de fibras y filamentos textiles).

lución. En este momento se agregan, cuidadosamente, en pequeñas porciones y con agitación continua, 300 ml de ácido sulfúrico y se deja enfriar.

- d) Reactivo de floroglucinol. Se disuelven 2 g de floroglucinol en 100 ml de alcohol benzílico y se emplea con volúmenes iguales de ácido clorhídrico.
- e) Acido sulfúrico al 70 %.
- f) Patrón de identificación de lana clorara. Solución patrón del colorante.

Azofuschina GA 6 g
Acido pícrico.....10 g
Acido tánico.....10 g
Tinte azul BJTENA 80 extra.. 5 g

Los reactivos anteriores se colocan en un matraz Erlenmeyer de 100 ml y se disuelven con agua caliente, se deja enfriar la solución. Se transfiere a un matraz volumétrico de 1000 ml y se afora con agua.

- g) Tinte para diferenciar fibras acrílicas. La solución se prepara de la siguiente manera:

Materia colorante de antraquinona azul SW?

(concentrada al 150 %) 5 g
Acido acético..... 5 g

Se disuelven en una pequeña cantidad de agua y se diluye hasta completar 1000 ml.

ii) Procedimiento.

En la tabla 4-4 se enlistan los colores obtenidos en las fibras, después de tratarlas con los reactivos indicados.

- a) Se aplica una gota de la solución de yodo cloruro de zinc a una muestra seca de la fibra.
- b) Se aplica el reactivo del millón a una muestra seca de la fibra y se calienta lentamente.
- c) Impregnar la muestra con el reactivo Yoduro. ácido sulfúrico-glicerol, dejar la muestra en esas condiciones durante algunos minutos, seque la muestra con papel secante y luego colóquela en la solución de ácido sulfúrico al 70 %.
- d) Se aplica la solución de floroglucinol y ácido clorhídrico a una muestra de la fibra.
- e) Para la identificación de la lana clorada, se moja 1 g de la muestra, se exprime totalmente para quitar el exceso de agua y se coloca en 100 ml de solución colorante (preparada con 25 ml de la solución patrón y 75 ml de agua), a 72 °C ; agitar vigorosamente durante 30 segundos, enfriar inmediatamente y colocar la muestra en un gran volumen de agua. Enjuagar y secar la muestra. La lana clorada quedará más oscura que la fibra sin clorar.
- f) Uso del colorante para diferenciar las fibras acrílicas. Se coloca 1 g de la fibra desconocida en esta solución y se deja hervir durante 10 minutos, los resultados obtenidos pueden ser los siguientes:

Si el color es fuerte, se trata de polinitrilos.

Si el color es ligero, se trata de modacrílicos.

Si el color es débil, se trata de acrílicos.

| Fibra | Reactivo de Yodo Cloruro de zinc | Reactivo de millón | Reactivo de yoduro-ácido sulfúrico-glicerol | Floroglucinol y ácido clorhídrico |
|--------------|----------------------------------|---------------------|---|-----------------------------------|
| Lana clorada | Amarillo o ^o curo | Rojc | --- | Casi café |
| Nylon 6-6 | Amarillo a café | --- | Amarillo ^o | --- |
| Nylon 6 | Amarillo a café | --- | Amarillo pá ^o -lido | --- |
| Acetato | Amarillo + | --- | Amarillo | Casi café ^o |
| Seda | Amarillo | Rojizo ^o | Amarillo | Casi café |
| Rayon | Púrpura a violeta | --- | Azul púrpura ^o | Casi café |
| Triacetato | Amarillo + | --- | Amarillo-café | Blanco ^o |
| Modacrílica | Amarillo a café | --- | Café ^o | --- |
| Algodón | Rojo vio ^o -leta | --- | --- | --- |

^o prueba de identificación característica.

+ significa que la fibra se disuelve.

CARACTERÍSTICAS DE COLORACION DE ALGUNAS FIBRAS

Tabla 4-4

CAPITULO 5

FABRICACION DE BOLSAS FILTRANTES

FABRICACION DE BOLSAS FILTRANTES

Muchas compañías fabrican accesorios auxiliares para bolsas filtrantes, éstos tienen como fin mejorar la aplicación y aumentar la vida de las mismas. A continuación se describen los detalles de fabricación de bolsas filtrantes en los que se incluye algún accesorio auxiliar.

- a) COSTURA LONGITUDINAL (Fig. 5-1 a).- Es una costura vertical normal utilizada en la mayoría de las bolsas, proporciona el máximo refuerzo a las telas, el hilo que generalmente se usa para coserlas, es del mismo material que el de la bolsa. La costura debe ser doble o triple pero nunca sencilla. Se pueden utilizar otros tipos de costura cuando el material y la aplicación lo requieran.
- b) DOBLEZ ESTANDAR (Fig. 5-1 b).- A menos que se indique otra cosa, los extremos de la bolsa deben tener esta característica con una cuerda entretrejida.
- c) DOBLEZ TRIPLE (Fig. 5-1 c).- Son capas de tela adicionales en el punto de uso rudo ya sea superior o inferior de sujeción. La longitud de este doblez la determina el fabricante.
- d) TAPA DE SUJECION SUPERIOR (Fig. 5-2 a).- Consiste en un doblez en el cual se coloca un anillo de 1.25 cm de ancho y 0.0039 cm de espesor y radio variable, fabricado con acero inoxidable tipo 301.

e) CORDON TENSOR DE SUJECION SUPERIOR (Fig. 5-2 b).- Esta característica permite instalar rápidamente la bolsa en el colector de tapas rígidas. El extremo superior de la bolsa se monta alrededor de una tapa rígida sujetandolo con el cordón y se aprieta con la tensión necesaria, sobre el doblar de la bolsa se coloca una abrazadera de acero inoxidable para sellar y evitar que se afloje con el uso normal.

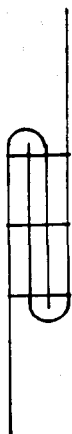
f) ANILLOS ENTRECOSIDOS (Fig. 5-3 a).- Los anillos se fabrican con acero al carbón o acero inoxidable, dependiendo de la atmósfera en la que van a trabajar. Los anillos más pequeños, de 12 a 15 cm de diámetro nominal, están fabricados con varilla de 0.3175 cm de diámetro. Los anillos más grandes, de 28 cm de diámetro, están fabricados con varilla de 0.4725 cm de diámetro. Los anillos se sueldan utilizando soldadura de acero en atmósfera de helio y se cosen en el exterior de la bolsa usando hilo del mismo material que el de la bolsa, a menos que se indique lo contrario.

Las compañías fabricantes de bolsas filtrantes determinan el espaciamiento de los anillos a lo largo de la bolsa de acuerdo con el tamaño de la misma. Los anillos mantienen la bolsa abierta, lo cual permite que la capa de polvo sea descargada libremente durante el ciclo de limpieza. El anillo inferior evita una flexión excesiva durante la limpieza y el anillo superior previene la deformación debida al sacudimiento. Aunque se realiza un gasto extra cuando las bolsas llevan anillos entre-

cosidos, la baja caída de presión y el aumento en la vida de las bolsas cubren con creces el costo extra inicial.

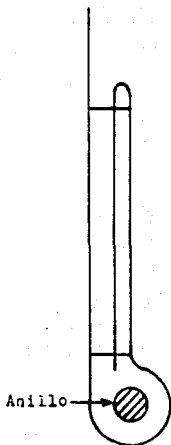
- g) ANILLOS DE PRESION TIPO RESORTE (Fig. 5-3 b).- Estos anillos se utilizan en el interior de los espejos o collarines. El anillo de presión es de 19.05 cm de ancho y 0.0039 cm de espesor, fabricado con acero al carbón o acero inoxidable tipo 301 y se cubre con un empaque afelpado que se cose a lo ancho de la tela.
- h) ABRAZADERAS DE SEGURO.- Se utilizan especialmente para sujetar la bolsa filtrante a los collarines y a las tapas cuando las bolsas las usen. Están fabricadas con acero inoxidable para ob tener mayor durabilidad y trabajar en casi cualquier atmósfera, su diseño permite quitar y poner rápidamente la bolsa del equipo sin herramienta alguna.
- i) RESORTES.- Se fabrican con acero inoxidable tipo 304 y 316, para compresión, utilizados principalmente para bolsas de diámetro pequeño, por ejemplo, 12.5 cm de diámetro nominal y son importantes cuando se utilizan en bolsas con extremo en forma de gorra.

j) **EXTREMO EN FORMA DE GORRA.**- Consiste en una tapa o gorra colocada en la bolsa filtrante. Antes de que se fabricaran de esta forma, era necesario que el personal removiera las bolsas usadas para recuperar las tapas y colocarlas nuevamente en las bolsas de repuesto. El tiempo y el costo de la mano de obra no permiten lo anterior, por lo que es preferible utilizar bolsas con extremo en forma de gorra. La configuración de la gorra de sujeción ha demostrado una gran eficiencia a través del tiempo. La bolsa se aprieta a la tapa por medio de una banda de acero inoxidable entrecochada, este acoplamiento resiste cargas estáticas 10 veces mayores que las que hay normalmente en colectores de polvo en operación.



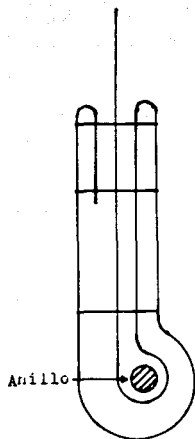
Costura longitudinal

(a)



Doblez superior o inferior doble

(b)

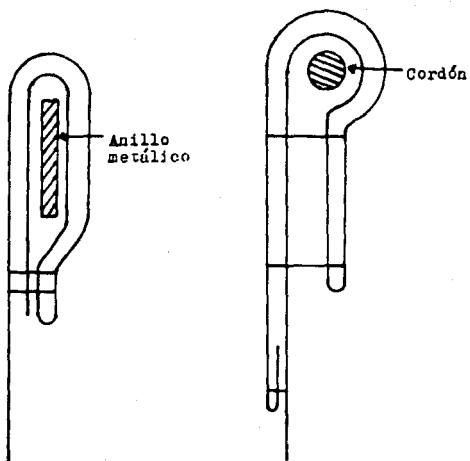


Doblez superior o inferior triple

(c)

Fig. 5-1 *

* Air pollution and industry, Ross, R.D., Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. USA, 1974.



Tapa de sujeción superior

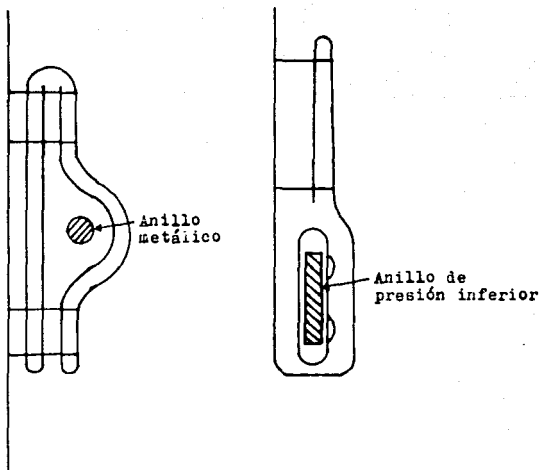
(a)

Cordón tensor de sujeción superior

(b)

Fig. 5-2 *

+ Dispos-A-Caps filter bag, Menardi-Southern Filter Media,
Boletín s/n.



Anillo entrecoado

(a)

Anillo de presión inferior

(b)

Fig. 5-3 *

* Fundamentals of fabric collector and glossary of terms,
Industrial Gas cleaning Institute, Inc., Publicación No. P-2.

CAPITULO 6

SELECCION DEL MATERIAL FILTRANTE

AREA DEL MATERIAL FILTRANTE

En este capítulo se trata de definir los factores involucrados en uno de los métodos para determinar el área del material filtrante de un colector del tipo de bolsas con sacudimiento neumático y tablas comparativas de las propiedades físicas y químicas de las telas, con el objeto de seleccionar la más adecuada basándose en el estudio realizado.

La mayoría de los fabricantes de colectores de polvo del tipo de bolsas, así como quienes los utilizan, saben que un colector de bolsas no debe ser demasiado grande; mayor área filtrante significa menor pérdida de presión, mayor capacidad instalada y una vida mayor para el medio filtrante, sin embargo, las realidades financieras actuales obligan a utilizar colectores de polvo que no tengan cantidades excesivas de medio filtrante. El problema consiste entonces en seleccionar la relación de filtrado más alta acorde con una buena operación (velocidad a través del medio filtrante expresada en $(m^3 \text{ de gas}/m^2 \text{ área filtrante})/\text{min}$).

La aplicación de los factores involucrados en este método de cálculo para determinar el área del material filtrante permiten establecer una guía válida para colectores de alto rendimiento o alta relación de filtrado, los cuales generalmente usan un medio filtrante de felpa, combinado con una frecuente y completa limpieza (sacudimiento neumático). Se pretende que la presión diferencial sea de 7.6 a 10.1 cm (2 a 4 pulg) de columna de agua a tra--

vés del medio filtrante bajo las condiciones de carga para las cuales se diseñó el equipo.

Una extensión prudente de los resultados de esta guía se puede aplicar a los colectores de sacudimiento mecánico con medio filtrante tejido y limpieza menos frecuente, dividiendo la relación de filtrado obtenida con esta guía por 4 ó 5, ya que se ha encontrado experimentalmente que el área que necesita un colector de este tipo es 4 ó 5 veces más grande que la requerida por un colector con sacudimiento neumático y con medio filtrante de felpa.

Esta guía se compone de cinco factores (A, B, C, D y E) con los cuales se puede obtener la relación de filtrado.

$$\text{Relación de filtrado (RF)} = A.B.C.D.E = \frac{\text{pie}^3 \text{ de gas}}{\text{min pie}^2}$$

1.- FACTOR "A" POR EL MATERIAL.

Es una función del material propiamente dicho, combinando los factores que afectan la filtración. Este factor puede determinarse mediante pruebas de laboratorio, pero resulta mucho mejor la experiencia de muchas industrias sobre un determinado material, ya que con frecuencia se requieren períodos de operación muy largos para llegar al equilibrio. El dato que generalmente se utiliza es cuando la operación es a temperatura ambiente, con polvo de un tamaño promedio de 10 a 50 micras y con una carga aproximada de 23 g/m³ (10 granos/pie³) de polvo proveniente de un proceso.

2.- FACTOR "B" POR LA APLICACION.

El proceso de filtración está sujeto a diversas alteraciones, por lo que debe tratarse en forma diferente a la simple recolección aislada de un material contaminante. Este factor pretende clasificar las aplicaciones más comunes.

3.- FACTOR "C" POR LA TEMPERATURA.

La experiencia ha demostrado que se requiere más área filtrante a medida que aumenta la temperatura, tal como se muestra en la fig. 6-1 correspondiente a este factor. La explicación de esto consiste probablemente en un aumento de la viscosidad en proporción directa con la temperatura; esto eventualmente se compensa por una densidad reducida y por lo tanto la curva es asintótica hasta un valor aproximadamente de 0.7 a 121 °C (250 °F).

4.- FACTOR "D" POR FINURA.

Este factor está íntimamente relacionado con las características físicas del material que se va a coleccionar.

5.- FACTOR "E" POR LA CARGA DE POLVO.

La curva para determinar este factor (fig. 6-2), es una curva típica de un colector con sacudimiento neumático, calculada en base a una presión diferencial constante. Generalmente se vuelve asintótica hasta un punto determinado de m^3/min en relación a m^2 de material filtrante (o sus equivalentes en sistema inglés), lo cual significa que después de cierta carga, normalmente por arriba de 225 g/m^3 (100 granos/ pie^3), un colector puede manejar más material sin que se rebaje la proporción de m^3/min de gas en relación a m^2 de material filtrante. La razón más probable de esto consiste en el hecho de que el aire se satura en un punto en que no puede contener más polvo

por lo cual la superficie filtrante recibe una acumulación limitada por la saturación del aire en relación al tiempo de operación de la unidad.

Se debe destacar que las cargas muy altas de polvo que se admiten en las unidades de sacudimiento neumático, pueden resultar totalmente inadecuados para los colectores de sacudimiento mecánico, se deben considerar otras variables al pretender hacer esta extrapolación, tales como prelimpiadores, entraías especiales, etc., por lo que resulta aconsejable obtener las relaciones de filtración correspondientes de los fabricantes de cada uno de estos colectores de polvo del tipo de bolsas.

Las tablas y gráficas de las siguientes hojas nos permitirán determinar la relación de filtrado⁺⁺⁺.

+++ Factores determinantes en la selección de colectores de polvo del tipo de bolsas, Jorge Massú Treviño, Revista del IMIQ, Abril de 1973.

Los materiales que pueden colectarse utilizando filtros de tela forman grupos que difieren en su facilidad de colección, en la tabla 6-1 se agrupan de los más fáciles de colectar a los más difíciles.

FACTOR "A" POR EL MATERIAL

| 15 * | 12 | 10 |
|------------------------|--------------------|--|
| Aglomerados | Arena | Acido ascórbico |
| Aserrín | Arena de fundición | Alúmina |
| Cocoa | Asbestos | Arcillas y ladrillos |
| Granos | Cal hidratada | Aspirina |
| Harina | Ceniza de sosa | Azúcar |
| Polvo de cuero | Hules químicos | Caliza |
| Tabaco | Material celuloso | Caolín |
| | Perlita | Carbón |
| | Polvos fibrosos | Cemento |
| | Sal | Feldespatos |
| | Talco | Goma natural |
| | Yeso | Negro de humo (acabado) |
| | | Percloratos |
| | | Pigmentos cerámicos |
| | | Polvos de roca y minerales |
| | | Sílica |
| 9 | | 6 ** |
| Acido tánico | | Carbón activado |
| Almidón | | Detergentes |
| Cenizas | | Humos y productos dispersos directos de reacciones |
| Coque | | Leche en polvo |
| Estearatos | | Negro de humo (molecular) |
| Fosfatos de amonio | | |
| Metálicos | | |
| Oxidos de pigmentación | | |
| Petroquímicos secos | | |
| Polvos metálicos | | |
| Plásticos | | |
| Resinas | | |
| Silicatos | | |
| Tierra diatomácea | | |
| Tintes | | |

* En general materiales estables física y químicamente.

** También incluye aquellos sólidos que son inestables física y químicamente, debido a su naturaleza higroscópica, sublimación y polimerización.

Tabla 6-1

FACTOR "B" POR APLICACION

| APLICACION | FACTOR "B" |
|--|------------|
| <p>VENTEO</p> <p>Alivio de puntos de transferencia, transportadores, estaciones de empaque, etc.</p> | 1.0 |
| <p>COLECCION DEL PRODUCTO</p> <p>Transporte neumático, venteo de molinos, secadores instantáneos, clasificadores, etc.</p> | 0.9 |
| <p>PROCESOS DE FILTRACION DE GAS</p> <p>Secadores de espumas, hornos, reactores, etc.</p> | 0.8 |

Tabla 6-2

FACTOR "C" POR EFECTO DE LA TEMPERATURA

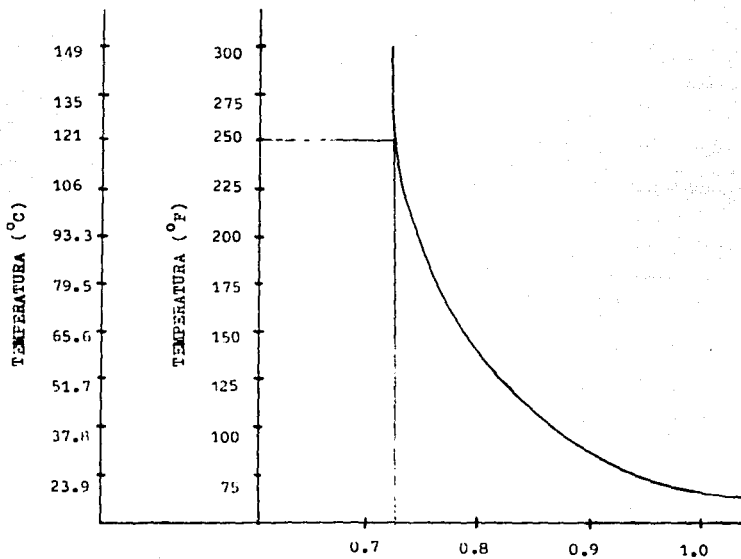


Fig. G-1

FACTOR "D" POR EL TAMAÑO

| TAMAÑO | FACTOR "D" |
|-------------------|------------|
| Más de 100 micras | 1.2 |
| De 50 a 100 " | 1.1 |
| De 10 a 50 " | 1.0 |
| De 3 a 10 " | 0.9 |
| Abajo de 3 " | 0.8 |

Tabla 6-3

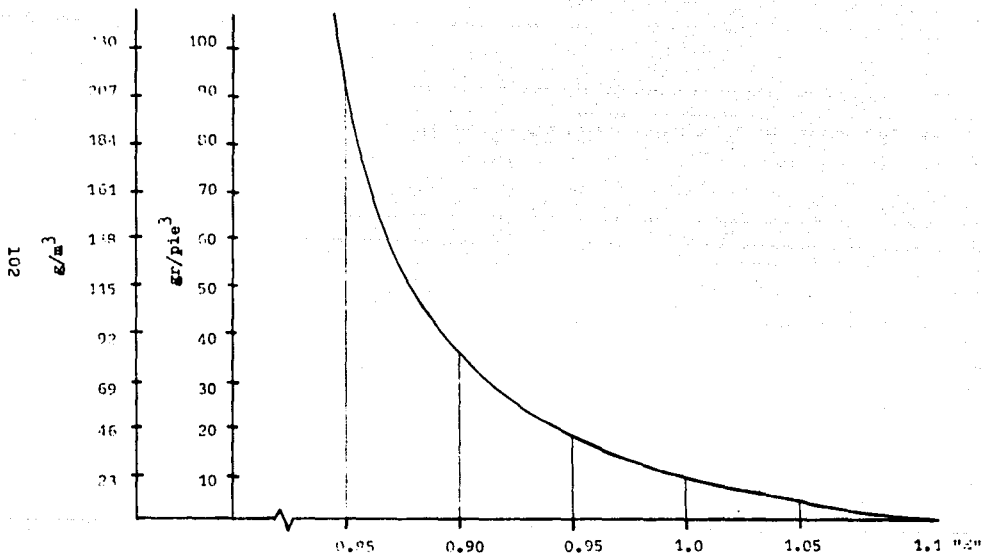


Fig. 6-2

RESISTENCIAS FISICAS Y QUIMICAS DE TELAS FILTRANTES^o

A continuación se muestran algunas de las propiedades de las fibras utilizadas en la colección de polvos con bolsas filtrantes, las telas se enlistan de mayor a menor resistencia de la propiedad indicada.

RESISTENCIA A LA ABRASION (seca y húmeda)

- 1.- Nylon 6-6 y 6
- 2.- Poli,propileno y Poliéster
- 3.- Nylon Nomex
- 4.- Algodón
- 5.- Acrílicos y Modacrílicos
- 6.- Teflón
- 7.- Vidrio
- 8.- Rayón
- 9.- Vinilo (Vinyon)

o Tablas de resistencias físicas físicas y químicas de telas filtrantes, Servicios Profesionales en Control de Contaminantes, S.A. de C.V.

RESISTENCIA AL CALOR SECO

- 1.- Vidrio
- 2.- Teflón
- 3.- Nylon Nomex
- 4.- Poliéster
- 5.- Rayón, Acrílico
- 6.- Nylon 6-6 y 6
- 7.- Algodón
- 8.- Polipropileno
- 9.- Metacrílicos
- 10.- Vinilo (Vinylon)

RESISTENCIA AL CALOR HUMEDO

- 1.- Vidrio
- 2.- Teflón
- 3.- Nylon Nomex
- 4.- Acrílicos
- 5.- Nylon 6-6 y 6
- 6.- Algodón
- 7.- Rayón
- 8.- Poliéster
- 9.- Polipropileno
- 10.- Metacrílicos
- 11.- Vinilo (Vinylon)

RESISTENCIA A LOS ACIDOS

- 1.- Teflón
- 2.- Vidrio
- 3.- Polipropileno
- 4.- Vinilo (Vinylon)
- 5.- Metacrilicos
- 6.- Poliéster
- 7.- Nylon Nomex, Nylon 6-6 / 6
- 8.- Algodón
- 9.- Rayón

RESISTENCIA A LOS ALCALIS

- 1.- Teflón
- 2.- Polipropileno
- 3.- Vinilo (Vinylon)
- 4.- Metacrilicos
- 5.- Nylon 6-6 y 6
- 6.- Vidrio
- 7.- Algodón
- 8.- Nylon Nomex
- 9.- Poliéster
- 10.- Rayón
- 11.- Acrílicos

RESISTENCIA A LOS AGENTES REDUCTORES Y OXIDANTES

- 1.- Teflón
- 2.- Vidrio
- 3.- Polipropileno
- 4.- Nylon Nomex
- 5.- Acrílicos
- 6.- Poliéster
- 7.- Algodón
- 8.- Acrílicos
- 9.- Nylon 6-6 y 6
- 10.- Vinilo (Vinylon)
- 11.- Rayón

RESISTENCIA A LA TENSION

- 1.- Vidrio
- 2.- Nylon 6-6 y 6
- 3.- Poliéster
- 4.- Polipropileno
- 5.- Nylon Nomex
- 6.- Rayón
- 7.- Acrílicos y Acrílicos
- 8.- Algodón
- 9.- Vinilo (Vinylon)
- 10.- Teflón

MÁXIMA TEMPERATURA DE OPERACION RECOMENDADA PARA
SERVICIO CONTINUO

| | | |
|-------------------------------|--------|--------|
| 1.- Vidrio | 258 °C | 550 °F |
| 2.- Teflón | 260 " | 500 " |
| 3.- Nylon Nomex * | 232 " | 450 " |
| 4.- Poliéster * | 149 " | 300 " |
| 5.- Acrílicos (homopolímeros) | 141 " | 284 " |
| 6.- Acrílicos | 135 " | 275 " |
| 7.- Rayón | 135 " | 275 " |
| 8.- Nylon 6-6 † | 121 " | 250 " |
| 9.- Nylon 6 * | 121 " | 250 " |
| 10.- Polipropileno | 107 " | 225 " |
| 11.- Metacrílicos | 83 " | 150 " |

* Estas fibras están sujetas a hidrólisis cuando se exponen al calor húmedo, la que más se degrada es el poliéster, le sigue el Nylon Nomex, el Nylon 6 y el Nylon 6-6.

La fibra de Nylon Nomex a elevadas temperaturas y en contacto directo con agua o vapor saturado, muestra una disminución progresiva de su resistencia a la temperatura en trabajo continuo.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

Actualmente la contaminación del medio ambiente es un problema ecológico que parece agravarse con el tiempo. En el presente trabajo, nos concretamos a plantear una guía que pueda contribuir a la solución de un problema existente en la industria: El control de las emisiones gaseosas con material particulado utilizando telas o fieltros como medio filtrante.

Para cada una de las emisiones contaminantes consideradas como nocivas, se han establecido Normas Oficiales Mexicanas, las cuales establecen los límites máximos permisibles de emisiones conta por volumen de gas emitido, en ellas se incluye el procedimiento para realizar las mediciones correspondientes. Cuando esos límites se exceden, es necesario que la industria inspeccionada instale un equipo anticontaminante, para tal fin, se hace un estudio de las características físicas y químicas del gas y del material particulado arrastrado, del espacio disponible, de la eficiencia de colección, del costo, etc. Si se opta por instalar un colector de polvo del tipo de bolsas, se encontrará que el presente trabajo será de gran ayuda para determinar el área del material filtrante y hacer la selección adecuada del mismo, siguiendo los pasos del ejemplo incluido en el apéndice.

La comprensión adecuada de los factores estudiados en cada capítulo, contribuyen a formar una idea clara de las variables que existen en la selección del material filtrante; ya que solucionar un problema de contaminación atmosférica implica que éste se debe tratar como un problema sujeto a condiciones específicas y por tanto, se requiere de un estudio completo que permita seleccionar

el medio filtrante más adecuado para manejar el material particulado. Una vez seleccionada la fibra, es normal que se elija una tela de la misma fibra pero con una determinada porosidad, espesor, densidad y acabado, con el fin de optimizar los resultados.

Las aplicaciones son tan amplias, que muchas industrias han utilizado este método de colección de polvos, a la vez que los fabricantes de telas y fieltros investigan y experimentan mejorando las características y fabricando nuevas telas.

Por ello, se considera que el empleo de colectores de polvo del tipo de bolsas es un método adecuado para el control de emisiones de material particulado y actualmente muchas industrias recurren a este método para solucionar sus problemas de contaminación.

Finalmente, se espera que el presente trabajo sea de utilidad para aquellas personas que tengan la necesidad de disipar dudas o resolver algún problema relacionado con la colección de polvos utilizando una tela o fieltro como medio filtrante.

CAPITULO 8

APENDICE

RESISTENCIA DE LAS DISTINTAS FIBRAS
A LOS AGENTES QUÍMICOS

r: Recomendado
s: Satisfactorio
n: No recomendable
-: Información escasa

| | ACETATO | ACRILICO | CRESLAN | CRYLOR | DRALON T | ORLON | MODACRILICO | NYTRIL | NYLON 6 Y 6-6 | NOMEX NYLON | POLIESTER | DACRON | POLIETILENO | POLIPROPILENO | RAYON-VISCOSE | SARAN | TEFLON | VINILO | VIDRIO | PAPEL | ALGODON | SEDA | LANA |
|-------------------------|---------|----------|---------|--------|----------|-------|-------------|--------|---------------|-------------|-----------|--------|-------------|---------------|---------------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|------|------|
| Máx. Temp. °C | 12 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 |
| ACIDOS MINERALES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Agua regia | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Crómico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Clorhídrico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Fluorhídrico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Nítrico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Fosfórico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Sulfúrico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| ACIDOS ORGANICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acético | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Benzóico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Carbónico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Fórmico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Láctico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Oxálico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Salicílico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| BASES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hidróxido de amonio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Hidróxido de calcio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Hidróxid. de potasio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Carbonato de potasio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Hidróxido de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Carbonato de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| SALES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cloruro de calcio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Cloruro férrico | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Acetato de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Benzoato de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Bisulfito de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Bromuro de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Cloruro de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Cianuro de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Nitrato de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Sulfato de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Sulfito de sodio | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |
| Cloruro de zinc | r | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s |

| | ACETATO | ACRILICO | CRESLAN | CRYLON | DRALON T | ORLON | MODACRILICO | NYTRIL | NYLON 6 Y 6-6 | NYLON | POLIESTER | DACKRON | POLIETILENO | POLIPROPILENO | RAYON-VISCOSE | SARAN | TEFLON | VINILO | VIDRIO | PAPEL | ALGODON | SEPA | LANA |
|----------------------------|---------|----------|---------|--------|----------|-------|-------------|--------|---------------|-------|-----------|---------|-------------|---------------|---------------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|------|------|
| r: Recomendado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| s: Satisfactorio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n: No recomendable | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -: Información es- casa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Máx. Temp. °C | 33 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | |
| AGENTES OXIDANTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bromo | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Hipoclorito de calcio | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Cloro | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Fluor | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Peróxido de Hidrógeno | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Yodo | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Ozono | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Acido peracético | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Cloruro de potasio | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Manganato de pot. | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| Hipoclorito de sodio | n | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | s | |
| SOLVENTES ORGANICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acetona | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Acetato amílico | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Benceno | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Di-nitrocloruro de carb. | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Cloroformo | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Ciclohexanona | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Diisilenglicol | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Acetato etílico | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Alcohol etílico | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Eter etílico | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Metanol | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Metil etil cetona | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Nafta | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Propilenglicol | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Tricloro etileno | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Tolueno | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Xileno | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| OTROS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acetaldehído en agua | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Benzaldehído (en agua) | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Formaldehído | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Acetato de algodón | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Glicerina | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Glicol | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Acetato mineral | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | |
| Nitrobenzeno | s | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | n | s | |

e: Excelente
 b: Bueno
 a: Aceptable
 p: Pobre

Gravedad
 específica

Resistencia a la
 abrasión

Resistencia al
 calor seco

Resistencia al
 calor húmedo

Resistencia a los
 ácidos minerales

Resistencia a los
 ácidos orgánicos

Resistencia a los
 álcalis

Resistencia a los
 agentes oxidantes

Resistencia a los
 solventes

| Gravedad específica | 1.23 ACETATO | 1.18 ACRILICO | 1.18 CRESLAN | 1.12 CRYLOR | 1.15 DRALON I | 1.14 ORLON | 1.20 MODACRILICO | 1.14 POLIAMIDAS | 1.28 MONEX NYLON | 1.38 POLIESTER | 1.38 DACRON | 1.38 KODEL | 1.38 VICRON | 0.92 POLISTILENO | 0.9 POLIPROPILENO | 1.52 RAYON-VISCOSE | 1.70 SARAN | 2.10 TEFLON | 1.34 VINILO | 1.34 VIDRIO | PAPEL | 1.50 ALGODON | 1.25 SEDA | 1.32 LANA |
|-------------------------------------|--------------|---------------|--------------|-------------|---------------|------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|-------------|------------|-------------|------------------|-------------------|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------|--------------|-----------|-----------|
| Resistencia a la abrasión | b | b | b | b | b | b | b | e | e | e | e | e | e | e | e | b | b | e | e | e | e | e | e | e |
| Resistencia al calor seco | a | b | b | b | b | b | a | b | e | b | b | b | b | a | c | b | a | e | p | e | a | b | e | a |
| Resistencia al calor húmedo | a | b | b | e | b | a | b | e | a | a | a | a | a | a | b | a | e | p | e | a | b | e | a | a |
| Resistencia a los ácidos minerales | p | b | b | b | b | b | p | a | b | b | b | b | b | e | p | b | e | e | e | e | p | p | e | a |
| Resistencia a los ácidos orgánicos | p | b | b | b | b | b | a | e | b | b | b | b | b | e | b | b | e | b | e | e | b | e | a | a |
| Resistencia a los álcalis | p | a | a | a | a | b | b | b | b | b | b | b | b | e | a | c | e | b | p | b | b | p | p | p |
| Resistencia a los agentes oxidantes | a | b | b | b | b | b | a | b | b | b | b | c | p | r | a | a | e | a | e | a | a | a | a | a |
| Resistencia a los solventes | a | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e | e |

relación de precios por kg del más caro al más barato

Hilo

- 1.- Teflón
- 2.- Nemex Nylon
- 3.- Vidrio
- 4.- Nylon 6-6 y 6
- 5.- Poliéster
- 6.- Acrílicos
- 7.- Metacrílicos
- 8.- Vinilo
- 9.- Polipropileno
- 10.- Rayon /Viscose

○ Tabla de propiedades físicas y químicas de telas filtrantes,
Servicios Profesionales en Control de Contaminantes, S.A. de
C.V.

Ejemplo:

Un aire contiene polvo de desperdicio de piedra caliza con una carga de 35 gr/pie³ a 75 °F, el polvo tiene un tamaño promedio de 30 micras, el flujo del gas es de 10 000 pie³/min. Calcule la relación de filtrado para determinar el área del material filtrante y recomiende el material.

R.F. = A.B.C.D.E

Factor A = 10

Factor B = 1.0

Factor C = 0.975

Factor D = 1.0

Factor E = 0.9

R.F. = 10(1.0)(0.975)(1.0)(0.9) = 8.775 pie³/min pie²

R.F. = 2.674 m³/min m²

Área = $\frac{10\ 000\ \text{pie}^3/\text{min}}{8.775\ \text{pie}^3/\text{min pie}^2} = 1139.6\ \text{pie}^2$ de material filtrante

Área = 105.86 m² de material filtrante

Los materiales que se pueden utilizar son los siguientes, enlista dos del más caro al más barato.

1.- Nylon

2.- Poliéster

3.- Acrílico

4.- Polipropileno.

Realizando las comparaciones físicas y químicas de los cuatro materiales, se llega a la conclusión de que el material más adecuado para este caso es el polipropileno, ya que además de ser el más barato, su resistencia a la abrasión es mejor que la del acrílico y similar a la del poliéster, la resistencia al calor es buena para este proceso y en general, la resistencia a los agentes químicos es ligeramente superior a la de los otros materiales considerados.

BIBLIOGRAFIA

Air pollution and industry
Ross, R.D.
Van Nostrand Reinhold Co.
N.Y. USA
1974

Pollution control handbook
Lipke, J.
1a. Edición 1974

Manual del Ingeniero Químico
Ferry, J.H.
Mc Graw Hill Co.
5a. Edición

Air control technology
Betnes, R.M.
Van Nostrand Reinhold Co.
N.Y. USA
1978

The Merck Index
An encyclopedia of chemicals,
drugs and biologicals
Tenth Edition
Published by Merck & Co. Inc.
N.J. USA
1983

Designed and engineered for high
efficiency dust collection and
air pollution control equipment
Menardi-Southern Filter Media
Boletín 5M/10-71

Glass bags
Menardi-Southern Filter Media
Boletín M5B-2

Dispos-A-Caps filter bag
Menardi-Southern Filter Media
Boletín s/n

Mikro modulaire shaker-type dust collector
systems
Mikropul Corporation
Division of the Slick Corporation
Boletín MMS-2

Mikro products reference data and tables
Mikropul Corporation
Division of the Slick Corporation
Boletín RD-1

Fundamentals of fabric collector and
glossary of terms
Industrial Gas Cleaning Institute, Inc.
Publicación No. F-2

Nomex for air filtration
The Du Pont Co.

Métodos de colección de polvos y lavado
de gases para el control de la contaminación
atmosférica
Xavier Ortegón Muñoz
Revista del IXIQ, Octubre 1971

Factores determinantes en la selección de
colectores de polvo del tipo de bolsas
Jorge Massú Treviño
Revista del IMIC, Abril 1973

Tablas de propiedades físicas y químicas
de telas filtrantes
Servicios Profesionales en Control de conta-
minantes, S.A. de C.V.

Chemical engineering
April 1974
Indicator economica
A MacGraw Hill Publication

Chemical engineering
April 1991
Indicatore economica
A MacGraw Hill Publication

NCM-A-246-1983
Método de identificación primaria
de fibras textiles

NCM-A-162-1971
Identificación de fibras y
filamentos textiles