

201  
26



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**"DISEÑO, FUNCIONAMIENTO Y APLICACION DE  
COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A**

**MARTHA PATRICIA SEGURA GAMEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. FERNANDO OROZCO FERREYRA**

**CUAUTITLAN IZCALLY, EDO. DE MEXICO 1986**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

## I N D I C E

	Pág.
CAP. I	INTRODUCCION. . . . . 1
CAP. II	ANTECEDENTES SOBRE CONTAMINACION AMBIENTAL. . . . . 5
CAP. III	SISTEMAS COMUNES DE ANTICONTAMINACION. . . . . 10
CAP. IV	DEFINICION DE COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS. . . . . 18
CAP. V	TEORIA DE LA FILTRACION CON TELAS, MECANISMOS DE FILTRACION EN TELAS. . . . . 20
CAP. VI	DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS. . . . . 41
CAP. VII	DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE COLECCION DE POLVO . . . . . 56
CAP. VIII	DISEÑO Y ESPECIFICACIONES PARA COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS. . . . . 62
CAP. IX	FIBRAS Y TELAS USADAS EN LA FABRICACION DE BOLSAS FILTRO, MATERIALES QUE PUEDEN SER RECOLECTADOS CON FILTROS DE TELA. . . . . 77
CAP. X	CONCLUSIONES. . . . . 95
	BIBLIOGRAFIA. . . . . 96

## CAPITULO I

### I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo tiene como finalidad considerar el problema de la Contaminación Ambiental en el Aire, sus posibles soluciones, sus fuentes de origen y tipos de contaminantes. Asimismo se describen de manera general los sistemas más comunes de anticontaminación, eligiendo dentro de éstos, el de Colectores de Polvo del Tipo de Bolsas, por lo cual se harán notar ampliamente los aspectos básicos de éstos últimos.

Se presentan los principales factores, condiciones y -- consideraciones que se deberán tomar en cuenta para la selección de colectores de polvo del tipo de bolsas.

Primeramente se da una definición de un colector de polvo y su forma de operar, así como la teoría de la filtración -- con telas, lo que indica los niveles de operación de colectores que utilizan como medio filtrante telas. Dependiendo del sistema utilizado, se indican los mecanismos que intervienen en la fil-- tración de polvo en telas y diferentes tipos de colectores de pol-- vo del tipo de bolsas.

Posteriormente se describen los componentes básicos de -- un sistema de colección de polvo, así como el diseño de colectores del tipo de bolsas.

Se presenta una descripción de las variables que afectan la operación de un colector de polvo y que son, por lo tanto, las que se deberán tomar en cuenta para la selección del área filtran-- te necesaria.

Como siguiente paso, se da una descripción de los materiales sintéticos disponibles para fabricación de bolsas en colectores de polvo, presentando las características de funcionamiento de fibras y telas bajo varias condiciones de operación.

Se indica el objeto del uso de colectores de polvo del tipo de bolsas en la relación o separación de polvos y se enlistan algunos de los materiales que pueden ser recolectados con filtros de tela.

Es de suma importancia e indispensable considerar el problema que constituye la Contaminación Ambiental. Desde el momento de la existencia del primer hombre sobre la tierra, este empezó a contaminar, más tarde la acumulación de personas que se inicia en pequeños poblados, hasta convertirse en grandes ciudades, aumentando considerablemente el problema de contaminación; finalmente a medida que el hombre desea tener mayor número de comodidades, se requiere de una mayor industrialización, la cual trae como consecuencia problemas graves de contaminación del ambiente, los cuales vivimos actualmente. Es por esto que es necesario efectuar estudios concientes sobre esta materia para lograr detener y eventualmente disminuir o abatir los niveles de contaminación.

En este problema todos contribuimos en mayor o menor proporción, a deteriorar los ecosistemas, y si todos somos responsables de esta contaminación, la única solución es que nos propongamos resolver el problema, ningún reglamento, ni ninguna ley, podrá resolver esto si no logramos convencer a todos los habitantes de la República, de la necesidad de trabajar

por el mejoramiento de nuestro ambiente. El problema existe y somos corresponsables en su solución.

Por otro lado, México es un país poco industrializado, mejor dicho, se encuentra en vías de desarrollo, no tenemos los problemas en una forma tan avanzada en materia de contaminación como lo tienen los países más industrializados, pero debemos de tratar de prevenir todo ésto, por ello la ley y los reglamentos que han sido aprobados por el Congreso de la Unión, deben de ser aplicados en forma lógica.

Una solución puede ser, en primera instancia, una labor de convencimiento a toda la población, de la necesidad de resolver el problema de la contaminación, apoyándose en las campañas realizadas por el gobierno de la Ciudad de México. Y esta labor de convencimiento es no sólo para los empresarios, sino también para los técnicos y obreros, para que todos tengan la misma preocupación de mejorar nuestro ambiente.

Es conveniente insistir a todos los representantes de la industria sobre la necesidad de estudiar con detenimiento las condiciones de sus plantas y detectar los principales focos de contaminación. Se puede mencionar como medios de control, instalaciones que se han hecho en algunas plantas para el control de los polvos utilizando tanto colectores de polvo de ciclón, por bolsas, así como algunos tipos de colectores con sistemas de agua. Estos medios han permitido disminuir la cantidad de polvos que son lanzados a la atmósfera.

Uno de los objetos de este trabajo es proponer una labor conjunta de todos los sectores para mejorar nuestro ambien

te, esto no es un trabajo a corto plazo, se requiere tiempo, técnica y financiamiento; sobre todo un esfuerzo coordinado, todos trabajando para lograr una meta común: "EL MEJORAMIENTO AMBIENTAL".

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES SOBRE CONTAMINACION AMBIENTAL

La tierra con su delgada capa de la que depende nuestra vida, es única, finita y más frágil de lo que habíamos supuesto, tanto así que el hombre moderno, con su increíble capacidad de manipular la naturaleza y su inmenso crecimiento demográfico podría algún día, si no es más cuidadoso, poner en peligro su planeta que es su hogar.

Sólo gradualmente, el hombre moderno se da cuenta de la vulnerabilidad de nuestro medio. En todos los casos el aumento de prosperidad se ha visto acompañado por una creciente degradación del medio ambiente.

El tema de contaminación ambiental es uno de los más discutidos en la actualidad. El gobierno, la industria, el comercio y prácticamente todos los sectores de la sociedad en que vivimos presentan cada vez más atención al control de la contaminación ambiental.

La contaminación atmosférica no es un problema nuevo. Ha recibido mucha atención en el pasado. El presente evoluciona y la industria acepta cada día más la responsabilidad que le cabe en la tarea de conservar y proteger el ambiente, y a pesar de las grandes inversiones que la industria está destinando a equipos de control de contaminación, el problema dista mucho de estar resuelto.

La solución involucra el desarrollo e instalación de complejísimos equipos cuyos elevados costos escapan a la imaginación.

46

Pero si hemos de conseguir un ambiente más limpio en esta década y las subsecuentes, el papel que ocupa la industria es de importancia crítica.

Acaso esta sea sólo uno de los factores que contribuyen a la contaminación. Pero es también la que posee los recursos y las técnicas capaces de controlarlas. El amplísimo número de fuentes de contaminación indica la complejidad del problema y explica en parte, porque parece ser aumentada en lugar de disminuir, a pesar de los grandes esfuerzos que se hacen por controlarlo.

Lo anterior se debe a que la contaminación proviene de muchas otras fuentes que no son la industria: cada vez más mexicanos demandamos más automóviles, más carreteras, más ferrocarriles, más electricidad y más servicios, por lo que en nuestra atmósfera se han definido más de tres mil productos químicos extraños. Y los progresos que se han hecho en el control de la contaminación se han visto hasta cierto punto contrarrestados por un explosivo crecimiento de la población y de las ciudades.

La primera consideración al buscar soluciones es evaluar la posibilidad de rehacer el proceso ofensor. Si se sospecha que la planta va a contaminar una vez contruida, los diseñadores deben de aprovechar los sistemas y componentes a su alcance hoy en día, para minimizar la contaminación ambiental. Por supuesto que el equipo debe ser de buen diseño y su instalación adecuada, al igual que se debe operar y mantener bien.

Los fabricantes de equipo de control de la contaminación ambiental se encuentran en la posición privilegiada, ya que han sido requeridos por la industria para proveer equipos que les permitan cumplir con los nuevos reglamentos.

Con la preocupación por la conservación del ambiente ha surgido un mayor sentido de responsabilidad.

Afortunadamente en los últimos años hemos visto cómo los esfuerzos coordinados del gobierno y de industria, apoyándose en una progresiva ciencia y de la adelantada tecnología, comienzan a rendir frutos.

#### Tipos de Contaminantes y Características.

El tipo de contaminantes incluye uno o más de los siguientes:

Materia en forma de partículas, contaminantes gaseosos, sonido, luz, energía, etc.

A continuación se enumeran los principales agentes de contaminación:

**DIOXIDO DE CARBONO.** Generalmente se origina en los procesos de combustión en la producción de energía de la industria y de la calefacción doméstica.

**MONOXIDO DE CARBONO.** Lo producen las combustiones incompletas, en particular las de la siderurgia.

**DIOXIDO DE AZUFRE.** El humo proveniente de las centrales eléctricas, de las fábricas, de los automóviles y del combustible de uso doméstico contienen a menudo dióxido de azufre.

OXIDO DE NITROGENO. Son producidos por motores de combustión interna, los aviones, los hornos, los incineradores el uso excesivo de fertilizantes, los incendios de bosques y las instalaciones industriales.

MERCURIO Y SUS DERIVADOS. Los producen la utilización de combustibles fósiles, la industria Cloro-Alcalina, las centrales de energía eléctrica, la fabricación de pinturas, la industria minera, de refinerías, y la preparación de la pasta de papel.

PLOMO Y SUS DERIVADOS. La fuente principal de la contaminación con plomo es un componente antidetonante en el petróleo, pero también contribuyen a ella las fundiciones de ese metal, la industria química y los plaguicidas.

PETROLEO. La contaminación causada por la extracción del producto frente a las costas, su refinación, los accidentes de los buques petroleros y la evacuación que se efectúa durante el transporte.

DDT Y OTROS PLAGUICIDAS. Incluso en concentraciones extremadamente bajas son muy tóxicos para los crustáceos, al ser acarreados por las aguas causan la muerte de los peces destruyen su alimento y contaminan la alimentación del hombre. También puede producir cáncer. Como su utilización reduce algunas especies de insectos útiles, contribuye a la aparición de nuevas plagas.

RADIACIONES. En su mayor parte se origina en la producción de energía nuclear, la fabricación de armas de este tipo y los dispositivos de propulsión nuclear.

POLVO DE CEMENTO. Considerado como uno de los contaminantes más excesivos en el aire proveniente de las cementeras.

Algunos de estos pueden controlarse a un grado aceptable si se aplica tecnología moderna.

No siempre es posible eliminar todos los contaminantes en potencia al nivel del proceso y algunos tienden a escapar a la atmósfera si no llegan a recolectarse o a captarse.

La mayoría de las emisiones industriales de polvo son menores de 4 micras, que es el tamaño que pasa el cedazo más fino; esto pone en claro que los materiales son extremadamente pequeños, menores en un diámetro que un cabello humano y tienen una velocidad de sedimentación muy lenta.

Uno de los equipos que ha sido profusamente utilizado en otros países del mundo para control de emisiones sólidas es el FILTRO DE TELA. Este equipo ha sido usado durante 70 años para la recolección de partículas suspendidas en un gas y ha demostrado que propiamente aplicado, operado y mantenido puede cumplir con los más estrictos reglamentos.

## CAPITULO III

## SISTEMAS COMUNES DE ANTICONTAMINACION

Para proteger el medio ambiente, se requiere disminuir a lo mínimo la descarga de los contaminantes y reducir sus efectos dentro de lo posible.

Como se mencionó en un principio, la contaminación atmosférica es provocada por óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, humos, polvos, etc. Se han tomado diversas medidas para reducir la emisión de óxidos de azufre, reemplazando combustibles con los de bajo contenido de azufre, instalando las facilidades desulfuradoras de gases de las chimeneas, para disminuir la carga de óxidos de nitrógeno se han adoptado acciones, entre otras, de emplear combustibles de menor peso específico, mejorar las condiciones de combustión, instalar quemadores de baja descarga de óxidos de nitrógeno. Asimismo, para controlar el humo y el polvo, se han efectuado el empleo de combustibles de menor peso específico, mejoramiento del método de combustión e instalación de equipos integrales de control de contaminación y/o para la recuperación de productos emitidos a la atmósfera. En algunos casos, se toma una sola acción de las de arriba mencionadas y, en otros casos, se adoptan dos o más acciones a la vez.

A continuación se describen los sistemas más comunes de eliminación de los desechos industriales que contaminan el aire:

- a.- Cámaras o torres de rocío, en este tipo se emplean líquidos que reaccionan químicamente con los gases.
- b.- Torres empacadas empleando el mismo principio que en el caso anterior.

- c.- Columnas con aditivos y platos de burbujeo.
- d.- En algunos casos de partículas muy finas o plantas que se encuentren retiradas de las poblaciones y que no es necesario quitar nada a los gases de emisión, basta tener chimeneas lo suficientemente altas para asegurar la difusión de los gases.
- e.- Reactores de lecho fluidizado. Este tipo de equipo es más especial y no se puede usar para separar cualquier tipo de polvos. Una de las aplicaciones es para recuperar fluoruros que son extraídos de las celdas electrolíticas usadas para obtener Aluminio.
- f.- Ciclones. A pesar de las restricciones existentes en materia de contaminación, los ciclones han demostrado ser equipos eficientes. Este equipo se basa en reducir la velocidad de la corriente de gas para que por gravedad se separa el polvo. En ocasiones es necesario poner baffles o deflectores para cambiar la dirección del flujo de gas. (Fig. III.1)
- g.- Lavadores de gases. Estos equipos se basan en el uso de agua o de cualquier otro líquido que ayuda a eliminar el contaminante del flujo de gases. Los lavadores son los únicos equipos de control que pueden usarse para todos los tipos de contaminantes: gases, líquidos y sólidos solubles e insolubles. ( Figura III.2 ).
- h.- Precipitadores electrostáticos. El principio en que se basa este tipo de separadores, es la de cargar negativamente las partículas de polvo que son arrastradas por la corriente de gases, originando que dichas partículas de polvo sean atraí

das por las placas que están cargadas positivamente. Pueden operar a temperaturas arriba de 1,000° F y debido a esto puede separar polvo seco, gases, aerosoles, nieblas, etc.

( Figura III.3. )

1.- Colectores de polvo del tipo de bolsas. Este tipo de equipo ha sido el más satisfactorio para separar polvos finos de 0.5" - 0.01" suspendidos en la corriente de gas. Los hay de tres tipos, dependiendo de como son limpiados:

1.- INTERMITENTES

2.- PERIODICOS

3.- CONTINUOS

El tipo intermitente tiene bolsas de fibra tejida las cuales deben de ser sacudidas regularmente para quitar el polvo pegado a ellas.

El tipo periódico consiste en una serie de colectores intermitentes conectados entre sí, de tal manera que una sección se puede sacar de servicio para limpieza, mientras que los restantes siguen trabajando.

El tipo continuo como su nombre lo indica tiene limpieza continua de sus bolsas.

Las bolsas pueden ser limpiadas por medio de vibradores, los cuales sacuden mecánicamente las bolsas, por medio de toberas de aire (venturis) estas toberas trabajan con pulsos de aire comprimido controlado por válvulas solenoides, y por medio de anillos viajeros los cuales al desplazarse van moviendo las bolsas originando que se desprendan los polvos.

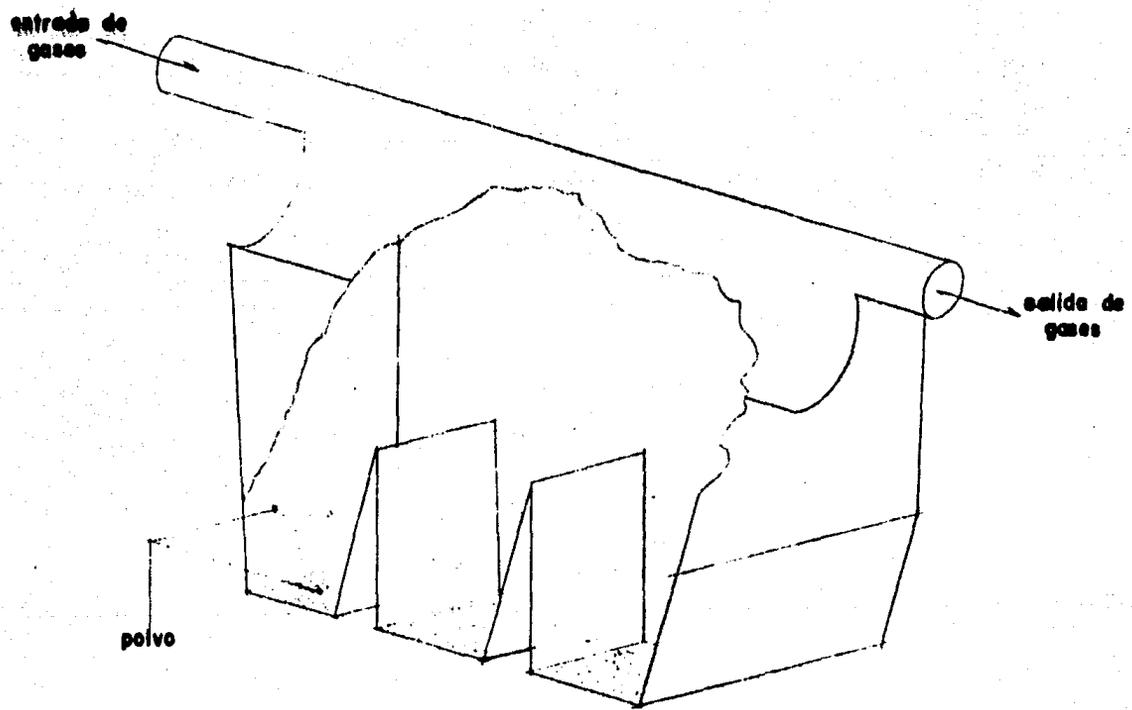


fig. III. 1

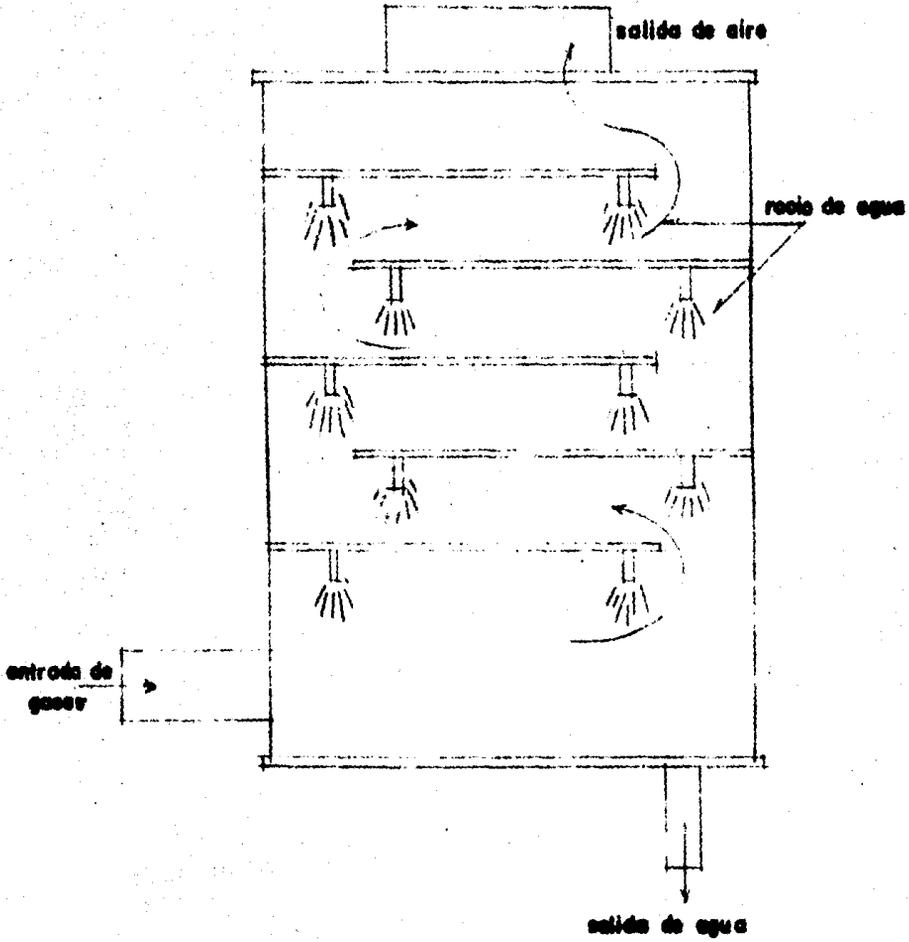


fig. III · 2

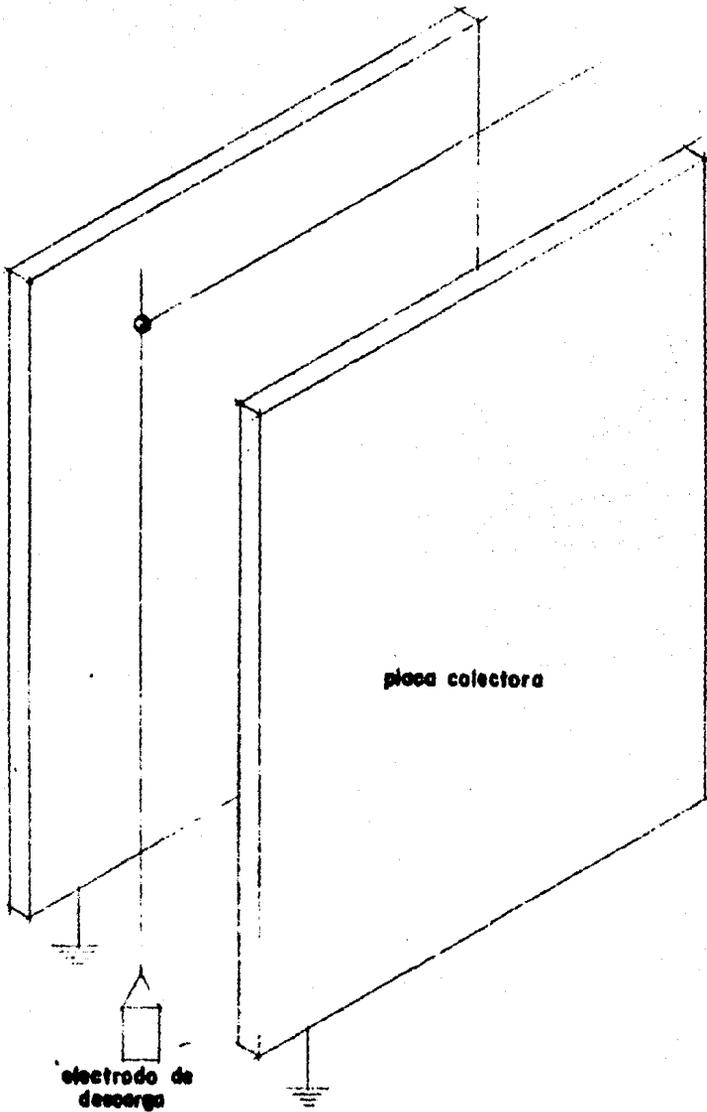


fig. III. 3

La ventaja de este tipo de separador es de que además de tener una eficiencia cercana al 99%, el polvo que se obtiene está seco y puede venderse o utilizarse inmediatamente.

( Figura III. 4. )

La selección de cualquiera de los equipos anteriormente descritos depende de la aplicación para la cual vaya a utilizarse, por lo que debe considerarse: La existencia de polvos en corrientes de gases alcalinos, ácidos, humedad excesiva, altas temperaturas, volúmenes a manejarse, presiones, polvos con tamaño submicrónico, características físicas y químicas del polvo (abrasión, corrosión, explosivo, tóxico, inflamable, higroscópico, fibroso, etc.).

Por tanto, la correcta operabilidad de un sistema de anticontaminación va a estar en función del tipo de servicio que se requiere, así como del análisis profundo de cada una de las variables que intervienen directamente en el proceso sujeto a estudio.

Una vez descritos los sistemas de anticontaminación más comunes, procedemos a describir ampliamente los colectores de polvo del tipo de bolsas, objeto de estudio medular del presente trabajo.

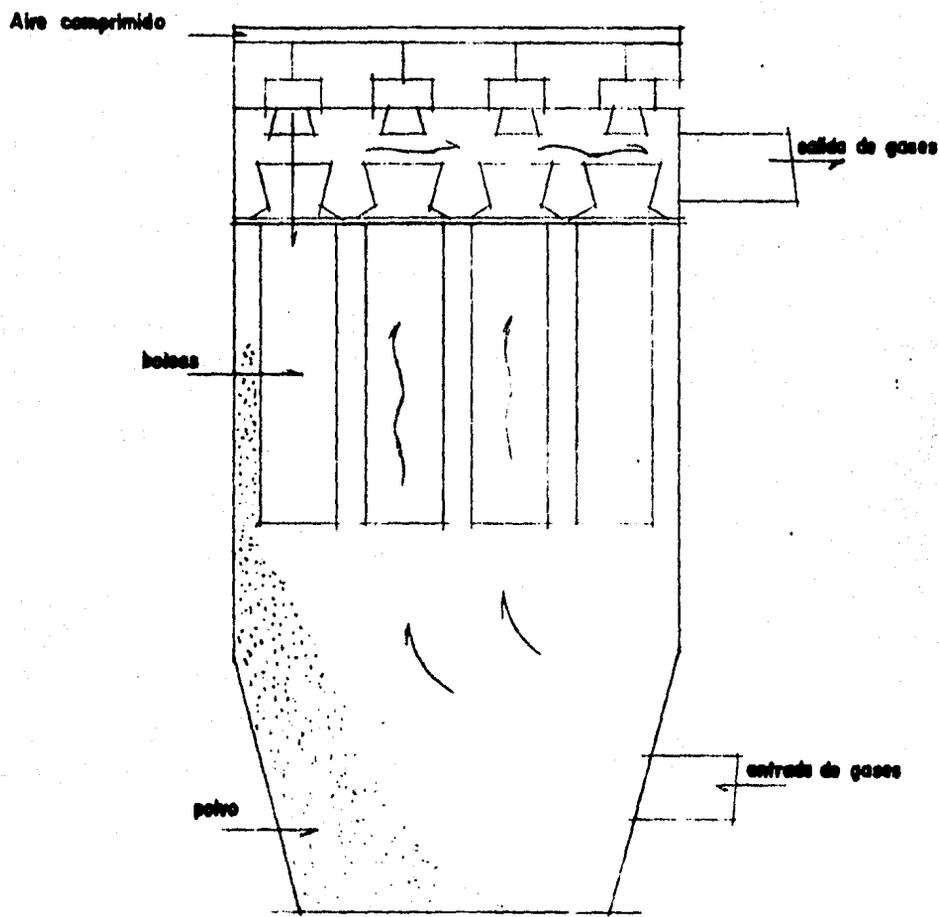


fig. III - 4

## CAPITULO IV

## DEFINICION DE COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS

Estos equipos están diseñados para requerimientos de filtrado en trabajo pesado industrial, son eficientes, económicos y versátiles. Son unidades constituidas en su interior por filtros de tela en donde el gas o aire con polvo se pasa unidireccionalmente a través del filtro, en donde las partículas de polvo son retenidas por el que se llama el lado sucio de la tela, mientras el aire o gases limpios pasan a través de la tela hacia el lado limpio de la misma.

El polvo que se va depositando en el filtro se mueve de diferentes maneras, las cuales pueden ser por medio de sacudido mecánico, flujo reversible de aire, inyección de aire a presión, etc.

Algunas de sus características importantes es una eficiencia del 99% para tamaño de partículas de 0.5 a 0.01 micras. Su construcción puede ser modular (construida por módulos individuales totalmente soldados, los módulos pueden ser unidades para suministrar cualquier capacidad) o bien ser completamente ensamblados y fácilmente transportables, así como rápida instalación. El tipo de servicio para el cual están diseñados puede ser a presión o succión según convenga.

Existe una gran variedad de materiales para los elementos filtrantes a fin de que estos resistan las temperaturas de operación, el manejo de productos químicos y los efectos mecánicos.

Todas las bolsas filtrantes ya sean tejidas o texturizadas, tienen limitación en cuanto a la temperatura, por lo cual debe tenerse mucho cuidado:

Algodón	74°C	Polipropileno y nylon	109°C
Lana	94°C	Orlón y Dacrón	122°C
Nomex	209°C	Fibra de vidrio grafitada	259°C

Generalmente los colectores de polvo son equipos diseñados para no tener partes en movimiento con la corriente de polvo. Para su fácil mantenimiento se les adaptan pasillos para inspección o reemplazo de los elementos filtrantes.

## CAPITULO V

## TEORIA DE LA FILTRACION CON TELAS, MECANISMOS DE FILTRACION EN TELAS.

Los dos tipos básicos de medios filtrantes utilizados en los colectores de polvo del tipo de bolsas, son las telas tejidas y los fieltros. Las telas tejidas están hechas con la intención de que operen como filtros de superficie, mientras que los fieltros son filtros de profundidad.

Las telas tejidas nuevas o muy limpias, se encuentran relativamente abiertas, con lo que no prevendrían el que el polvo pase a través de las bolsas filtrantes durante el inicio de la operación de un colector. Sin embargo, cuando la bolsa filtrante llega a estar saturada con el material que está siendo colectado, se obtienen como resultado altas eficiencias de colección, debido a que la cama o torta filtrante, formada por las partículas sólidas colectadas, capturan partículas submicrónicas que son más pequeñas que los orificios del tejido utilizado.

A medida que el polvo se acumula en la superficie de los filtros, la caída de presión aumenta a través de las bolsas; con objeto de mantener una caída de presión razonable, algún sistema de limpieza deberá ser utilizado para mantener la operación adecuada del colector.

Si los elementos filtrantes se limpian con mucha frecuencia o por períodos muy prolongados, se destruye la cama que captura las partículas submicrónicas, lo cual hace que se reduzca la eficiencia del filtro. Para volver a alcanzar

la misma eficiencia, se deberá esperar a que se forme de nuevo la cama o torta con el mismo material colectado.

Los niveles normales de operación para colectores de polvo que utilizan como medio filtrante las telas tejidas, fluctúan de 0.3 a 0.91 m<sup>3</sup> de gases/min. m<sup>2</sup> de área de filtrado y con presiones diferenciales a través del filtro de 7.62 a 12.70 cm. de H<sub>2</sub>O, bajo condiciones continuas de operación, pueden obtenerse eficiencias de colección muy altas, mayores a 99%, en partículas de polvo de hasta 0.5 micras.

Los medios afelpados y los no tejidos (fieltros), son hechos con el objeto de trabajar como filtros de profundidad y generalmente se requieren cuando se debe operar a eficiencias de colección iniciales mayores que con las telas tejidas. La alta eficiencia obtenida en los fieltros no depende del polvo depositado en las bolsas, como en el caso de las telas tejidas, sino de la densa composición de sus fibras, las partículas de polvo aún en tamaño submicrónico no penetran en el filtro considerablemente.

En las aplicaciones en las cuales se utilizan colectores de polvo con telas tejidas y donde la carga de polvo excede a 529 granos/m<sup>3</sup> se requiere un equipo de colección primario, precedente al colector de polvo del tipo de bolsas.

Cargas de polvo del orden de varios cientos de granos por pie cúbico, pueden ser manejadas directamente con colectores de polvo conteniendo medio filtrante de fieltro, siempre y cuando se utilicen buenas prácticas de manejo de la corriente de polvo.

Los fieltros son telas más pesadas y más costosas que las tejidas y su limpieza está limitada a flujos inversos de alta presión o pulsaciones tipo jet, a intervalos muy frecuentes.

Las telas tejidas, generalmente más flexibles que las de fieltros, pueden hacerse vibrar de alguna manera o flexionar por medio de aire reverso o sacudimiento mecánico y así ser limpiadas.

Como hemos observado, la tela es el elemento fundamental de un colector de polvo.

#### FORMAS DEL FILTRO.

Generalmente hablando podemos decir que se usan dos formas de filtro:

Va.- Plana    Vb.- Tubular

Las bolsas planas, como se muestra en la Figura V.1, usan como superficie de filtrado la exterior, por lo que se auxilian de un bastidor de malla de alambre para evitar el colapso.

Una clara desventaja del uso de este tipo de bolsas es el contacto del filtro de la tela contra el bastidor de alambre, lo que tiende a reducir la vida de la tela. Además el cambio de los filtros es complicado y tardado.

Los filtros de forma tubular pueden ser abiertos en un extremo y cerrados en el otro, o bien abiertos en los dos lados, ésto se esquematiza en las Figuras V.2 y V.3.

Las condiciones de diseño de las bolsas tubulares son más variadas que en las bolsas planas y sus probables formas se pueden clasificar en:

V.c.- Multi-filtros.

V.d.- Unifiltros.

V.e.- Dirección de filtrado (Lado interior o lado exterior).

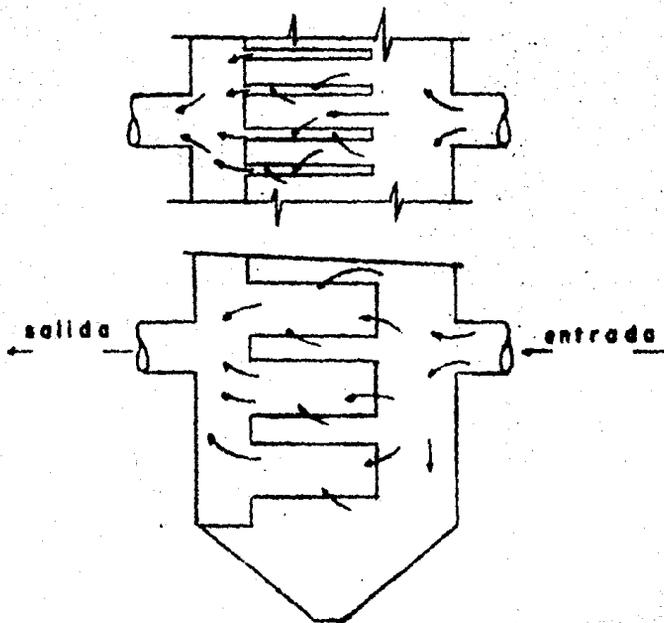


fig. 2-1 bolsas planas

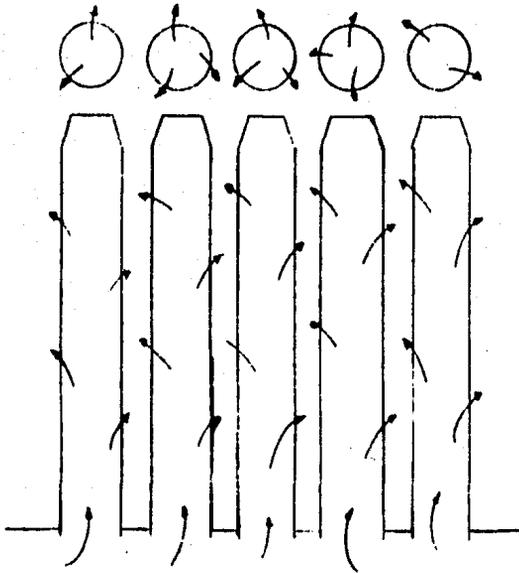


fig. V.2 bolsas tubulares  
(entrada de flujo por abajo)

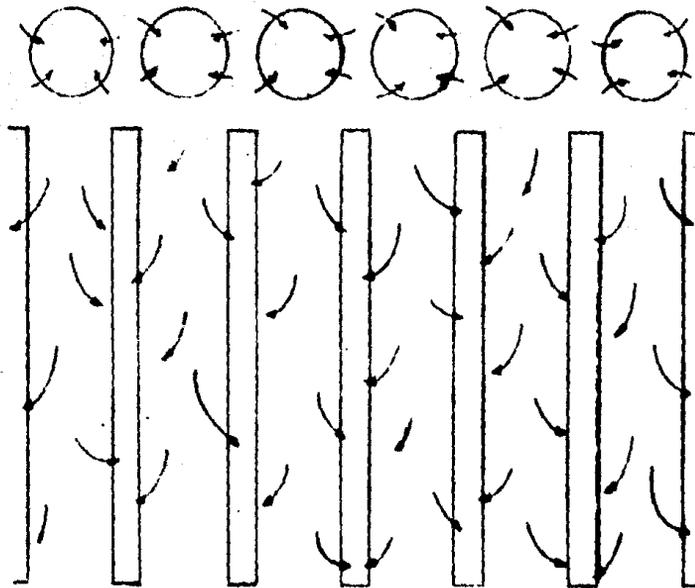


fig. X-3 bolsones tubulares (entrada de flujo por arriba)

V.c.- Multi-filtros. Para la formación de los multifiltros se pueden coser juntos filtros tubulares. Estos tienen las desventajas de permitir poco movimiento entre el soporte superior y el inferior, lo que lo hace más difícil el sacudido de lo mismo, disminuye la vida de la tela y hace más costoso el reemplazo. Ver la figura V.4.

La suspensión de los multifiltros, ha sido limitada a un ajuste fácil para cualquier inestabilidad dimensional del medio filtrante.

V.d.- Uni-filtro. Es una bolsa simple y la entrada de gas puede ser por la parte de arriba o por la parte de abajo. El diseño de entrada por la parte inferior, permite que la entrada de gas a la unidad sea por la tolva, donde se efectúa una pre separación de las partículas mayores, posteriormente el aire va hacia arriba por fuera de los elementos de filtrado. Ver la Figura V.5.

En el diseño de entrada por la parte inferior, también se tiene el caso de que el aire se dirija hacia arriba, pero por dentro de los elementos de filtrado, de antemano la eficiencia está incrementada, ya que los filtros manejarán sólo polvos finos. Ver la Figura V.6.

En el diseño de entrada de flujo de gas por la parte superior, la entrada es por arriba de la unidad y las bolsas están abiertas en los dos extremos para permitir la entrada

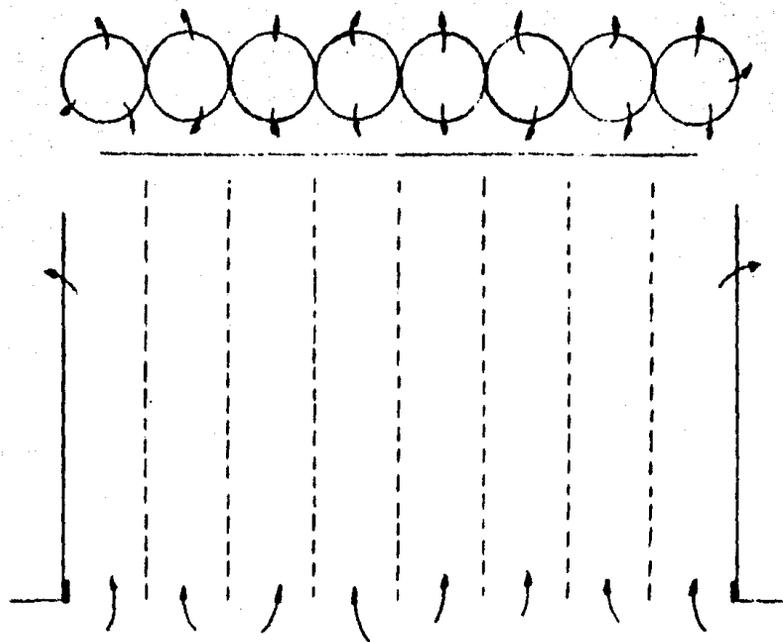
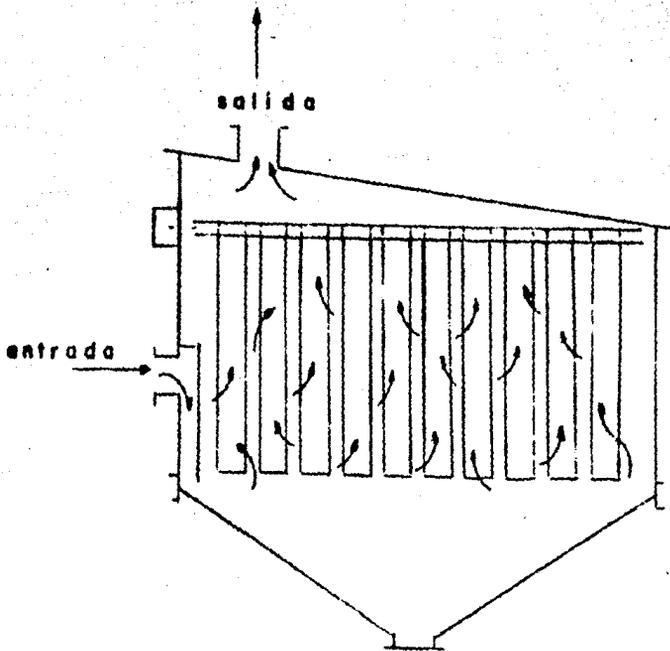
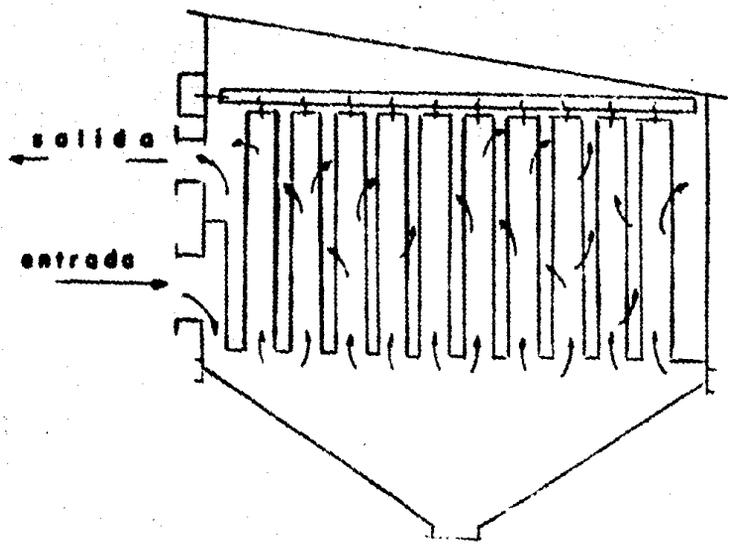


fig. V.4 multiboleas



**fig. X-5** unibolsa (diseño de entrada por abajo)  
colección de polvo por el lado externo de  
la bolsa.



colección de polvo por el lado interno de la bolsa

fig.X-6 unibolsa (diseño de entrada por abajo)

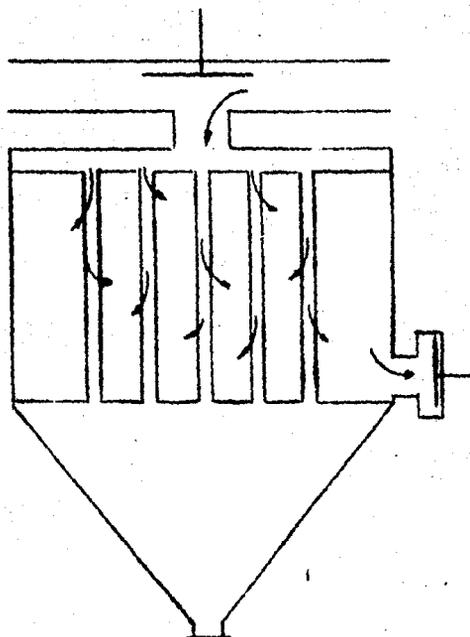
y la descarga. El flujo es introducido hacia abajo por el lado interno de la bolsa, hacia la sección de la tolva como se muestra en la Figura V.7.

Cuando el filtro se usa con entrada superior, es necesario la incorporación de un soporte superior e inferior, para los filtros, lo cual aumenta el costo, complica la instalación y ajuste, toda la carga de polvo pasa a lo largo de los filtros, lo cual aumenta la abrasión de los mismos reduciendo su vida útil.

El diseño de entrada por la parte superior de un colector de polvo crea una depresión de gas muerta en la tolva, el cual en caso de gas con carga de humedad, puede causar un problema bastante serio, por la condensación de vapor de agua. En el concepto de entrada por la parte inferior, permite la pre-separación de las partículas gruesas en la tolva con lo que el medio filtrante sólo manejará polvo con partículas pequeñas, aumentando con ésto la eficiencia de filtrado en el colector.

V.e.- La dirección del flujo de gas en bolsas tubular puede ser por el lado interior o por el lado exterior.

Independientemente si la dirección es por el lado exterior o por el lado interior, una malla de alambre (bastidor) es colocada dentro de la bolsa para prevenir que se colapse. La colección de polvo por el lado exterior de la bolsa requiere una inspección en la unidad del lado del gas sucio, esto incrementa la dificultad de poder reemplazar las bolsas, para



colección por el lado interno  
de la bolsa

fig. X-7 unibolsa (diseño por la parte de arriba)

resolver este problema se cuenta con un diseño de colector de recesión superior en el cual la extracción de los elementos filtrantes se efectúa por la parte superior del mismo, con lo cual se evita que una persona se introduzca al colector de polvo para revisar, ajustar o reemplazar las bolsas.

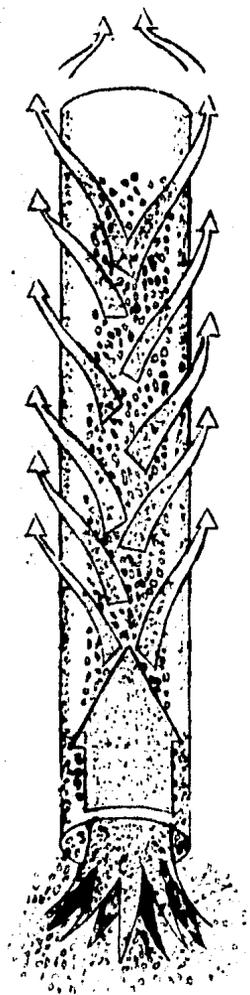
La experiencia indica que la vida útil de la bolsa se acorta, ya sea que el polvo se introduzca por la parte interior o por la parte exterior de la misma, debido a que la malla de alambre (bastidor) y la bolsa están en contacto, aunque es mayor cuando la colección de polvo es por el lado interior de la bolsa.

Cuando la colección de polvo se hace por la parte interior de la bolsa, el flujo de aire sucio total se restringe por el diámetro de la abertura de la bolsa. (Figura V.8) que ocasiona que el gas sea forzado a través de la entrada de la parte inferior.

Cuando la colección de polvo se hace por la parte exterior de la bolsa se reduce el daño que causa la velocidad del gas en la parte inferior del elemento filtrante, por lo ancho y espacioso de la misma. Debido a que la mayor área abierta dañada por la velocidad de gases es minimizada. Fig. V.9 .

A continuación se mencionan algunos mecanismos de filtración involucrados en la filtración de aire en tela, por orden de importancia.

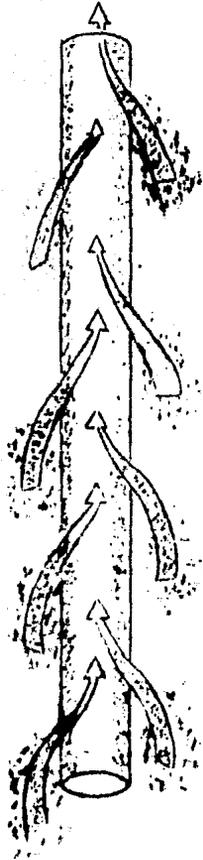
**coleccion por el lado interno  
de la bolsa**



**en el sistema de  
coleccion por el lado  
interno de la bolsa,  
la maxima velocidad  
ocurre cuando el aire  
sucio entra a la bolsa,  
el resultado: máximo  
deterioro de la bolsa.**

**fig. V-8**

coleccion por el lado externo de la bolsa



en el sistema de coleccion por el lado externo de la bolsa, la máxima velocidad ocurre en el aire limpio, el resultado, mínimo daño a la bolsa.

fig. Y-9

- V.1.- Aglomeración
- V.2.- Intercepción de partículas por impacto
- V.3.- Difusión
- V.4.- Carga electrostática
- V.5.- Efecto térmico
- V.6.- Cribado
- V.7.- Retención
- V.8.- Fuerzas de filtración
- V.9.- Efecto de diámetro de la fibra
- V.10.- Capa de polvo filtrante variable.

Examinemos cada uno de estos mecanismos

V.1.- Aglomeración.- Afortunadamente ya que muchas partículas tienden a esconderse, incrustarse o agregarse corriente arriba del medio filtrante, lo anterior permite que ocurra la aglomeración, la cual se lleva a cabo por gravedad, inercia, carga electrostática o difusión, con lo cual se incrementa el tamaño real de la partícula.

Esto hace la tarea del medio filtrante más fácil, permitiendo el uso de medios más porosos o abiertos, incrementando la eficiencia de colección y disminuyendo la caída de presión y por lo tanto, disminuye la frecuencia de limpieza.

V.2.- Intercepción de Partículas por Impacto. Choque o colisión sobre una fibra o sobre partículas previamente interceptadas.

El impacto se considera un mejor término que el choque, ya que la operación generalmente sucede en el rango del flujo laminar.

Cuando el medio filtrante es nuevo, normalmente tiene pasajes de aire más grandes o abiertos que el tamaño de las partículas que van a ser colectadas, las cuales poco a poco van ir siendo atrapadas. Al principio algunas partículas se escapan a través del medio filtrante, pero otras chocan con la superficie de las fibras y otras más hacen lo mismo sobre las partículas mismas, previamente colectadas. Con el tiempo el paso de aire a través de la tela viene siendo más difícil, debido a que los pasajes son cada vez menores, más pequeños o reducidos. Cuando la torta o capa de polvo incrementa su espesor, decrece su porosidad y el tamaño medio de las partículas en la capa de polvo llega a ser menor.

Mientras más grande sea la partícula o más pequeño sea el espacio entre la fibra, habrá más oportunidad de que ocurran un impacto por inercia de aquellas, mientras más grande sea el espacio entre la fibra y menor la partícula será mayor la dificultad de que penetre en los pasajes gaseosos al rededor de las fibras.

La inercia de la partícula parece alcanzar un mínimo, para tamaños de partículas entre una y tres micras, ya que el impacto es un efecto inercial.

La intercepción directa es independiente de la velocidad mientras que el impacto se aumenta cuando crece la velocidad.

V.3.- Difusión. Las partículas demasiado pequeñas o ligeras también son influenciadas por la gravedad o por la difusión inercial para igualar su concentración o distribución.

Lo anterior es muy importante en la filtración de partículas de media micra o menor tamaño. La velocidad de difusión es independiente de la densidad de la partícula, pero en cambio es inversamente proporcional a la velocidad del gas.

V.4.- Carga Electroestática. Cuando las partículas chocan y se separan, una puede donar electrones a la otra, creando una carga electrostática. Las nuevas partículas que se han cargado llegan a estar en contacto con la tela filtrante, la cual puede ser un conductor pobre de electricidad estática y entonces se produce una acumulación de carga. Si existe una diferencia entre la polaridad de la carga de la tela y el polvo, existe una atracción la cual ayuda al proceso de filtración. Adn si la polaridad es la misma y si hay suficiente diferencia en potencial o voltaje existe esta atracción.

La carga electrostática es un mecanismo muy importante, pero algunas veces puede ser muy pobre como para funcionar satisfactoriamente, esto sucede en especial en partículas abajo de cinco micras.

Algunos medios filtrantes están disponibles con un tratamiento a base de resina que permite hacer un mejor uso de este fenómeno. Lo anterior, dicho de otra manera, significa que la carga electrostática es tan importante que de otra forma, si no existiera, los elementos filtrantes no podrían funcionar satisfactoriamente, especialmente para partículas menores de cinco micras.

Mientras se pueda seleccionar una fibra que sea compa-

Lo anterior es muy importante en la filtración de partículas de media micra o menor tamaño. La velocidad de difusión es independiente de la densidad de la partícula, pero en cambio es inversamente proporcional a la velocidad del gas.

V.4.- Carga Electroestática. Cuando las partículas chocan y se separan, una puede donar electrones a la otra, creando una carga electroestática. Las nuevas partículas que se han cargado llegan a estar en contacto con la tela filtrante, la cual puede ser un conductor pobre de electricidad estática y entonces se produce una acumulación de carga. Si existe una diferencia entre la polaridad de la carga de la tela y el polvo, existe una atracción la cual ayuda al proceso de filtración. Aún si la polaridad es la misma y si hay suficiente diferencia en potencial o voltaje existe esta atracción.

La carga electroestática es un mecanismo muy importante, pero algunas veces puede ser muy pobre como para funcionar satisfactoriamente, esto sucede en especial en partículas abajo de cinco micras.

Algunos medios filtrantes están disponibles con un tratamiento a base de resina que permite hacer un mejor uso de este fenómeno. Lo anterior, dicho de otra manera, significa que la carga electroestática es tan importante que de otra forma, si no existiera, los elementos filtrantes no podrían funcionar satisfactoriamente, especialmente para partículas menores de cinco micras.

Mientras se pueda seleccionar una fibra que sea compa-

tible con el polvo a filtrar esto ayudará al proceso de filtración, así como a la limpieza del medio filtrante y por lo tanto a la caída de presión.

Generalmente lo que determina la selección de la fibra son otras consideraciones más importantes.

V.5.- Efecto Térmico. Aunque existe una variación térmica que puede ayudar a la atracción de partículas hacia el medio o capa de polvo para que las partículas calientes emigren hacia una zona más fría, esta variación es muy pequeña o no existe en la operación, en estado estable y por lo tanto este debe tomarse sólo como un mecanismo de menor importancia.

V.6.- Cribado. Esto no siempre se obtiene con un filtro de tela, pero es el mecanismo más efectivo cuando ocurre, sin embargo la torta o capa de polvo funciona como una malla y entonces es cuando se obtiene una óptima separación de las partículas.

V.7.- Retención. Las fuerzas que actúan para hacer que una partícula permanezca en una posición después de haber sido atrapada, son variadas y muy fuertes, sería de mucha utilidad que las partículas pudieran ser removidas de la tela tan fácilmente como pueden ser colectadas. Con presiones diferenciales extremas, puede existir un colapso de la bolsa con la consecuente migración de las partículas.

V.8.- Fuerzas de Filtración. La filtración de aire en tela se cree que es el resultado del efecto mecánico y eléctrico. Mientras que para la selección de la fibra, la química de los sólidos

dos y del gas tienen mucho que ver, así como las características de operación de los mismos.

Se piensa que la química de la fibra tiene muy poca influencia en el proceso de filtrado.

V.9.- Efecto del diámetro de la fibra. El tamaño o diámetro de la fibra es sumamente importante, mientras más fina sea la fibra habrá mayor área disponible para filtración, así como de almacenamiento de partículas en el medio filtrante y por lo tanto mayores eficiencias de colección serán obtenidas. La eficiencia del impacto del polvo con la fibra para partículas esféricas de densidad uniforme varía en relación inversa al tamaño de la fibra.

V.10.- Torta o capa de polvo variable. Durante el ciclo de operación de filtrado, las características de la torta están cambiando constantemente. La primera capa de polvo relativamente gruesa cambia la porosidad y la permeabilidad del medio filtrante más que cualquier otra capa subsecuente de peso comparable.

La primera capa de polvo llega a ser una compañía permanente para el medio filtrante y operan ambos como un sólo sistema. Esto se conoce comunmente en la industria como "Torta permanente de filtrado".

Las capas subsecuentes de polvo tienen porosidad reducida conforme van atrapando partículas más finas. Hasta que el medio filtrante esté completamente enterrado por el polvo la profundidad del medio filtrante y el área de la superficie controlan la porosidad de la torta o capa de polvo y determi-

nan el espesor del mismo. Una vez que el medio filtrante está totalmente cubierto, la porción adicional de la capa de polvo se autodetermina.

Cada porción igual en peso tiene una porosidad menor y disminuye el tamaño mediano de partícula, mientras más lejos se encuentre del medio filtrante. Conforme pasa el tiempo cada porosidad y tamaño medio más pequeño. La eficiencia de colección aumenta con la caída de presión.

Algunos técnicos aseguran que existe una relación matemática entre la caída de presión y la eficiencia.

El medio debe de ser lo suficientemente rígido para permitir que la capa de polvo crezca y que vuelva a aparecer rápidamente después de la limpieza. La capa de polvo determina la eficiencia de filtración y la caída de presión, previniéndose que los métodos de limpieza puedan remover una buena porción de la capa de polvo tan grande como sea necesario.

Originalmente el medio filtrante tiene un efecto mínimo en la caída de presión que dura hasta que esté totalmente cubierto por la capa de polvo.

## CAPITULO VI

### DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS

Los distintos colectores de polvo del tipo de bolsas, se diferencian por la forma de remoción (limpieza de filtros), de las partículas colectadas por los filtros para evitar que la caída de presión en los mismos sea excesiva y se mantenga entre los límites prefijados.

Para efectuar la limpieza de los filtros de telas tejidas es necesario desarrollar en los mismos, fuerzas de aceleración y desaceleración similares a los que se obtienen al sacudir a mano una alfombra. Generalmente hablando, podemos decir que el sacudido es el método más efectivo y barato que se puede usar para la limpieza de los filtros de tela y en un tiempo razonable.

Existen varios métodos de limpieza de tela, los cuales pueden ser enlistados en tres categorías:

#### VI.1.- Sacudido

- VI.1.a.- Sacudido mecánico
- VI.1.b.- Sacudido por soplo de aire
- VI.1.c.- Sacudido por burbuja de aire
- VI.1.d.- Sacudido por pulsaciones
- VI.1.e.- Sacudido por aire reverso
- VI.1.f.- Sacudido ultrasónico

#### VI.2.- Flujo Inverso

- VI.2.a.- Represurizado (baja presión, volumen alto).

VI.2.b.- Atmosférico

VI.2.c.- Acción de jet

VI.3.- Combinación de los anteriores

VI.1.a.- Sacudido Mecánico

Cuando la acción de limpieza se efectúa por mecanismos sacudidores, es necesario obtener de él un movimiento suave, pero a la vez efectivo, que limpie sin maltratar los filtros. El diseño debe de ser completo para obtener una fácil instalación de los filtros y un adecuado mantenimiento, el sacudido deberá efectuarse de tal manera que se permita dar servicio sin interrumpir el trabajo del colector.

La Figura VI.1 muestra el colector de polvo del tipo de sacudido mecánico, el cual utiliza telas tejidas como medio filtrante. El ciclo de filtrado es como sigue: el aire o el gas con polvo que entra al colector se encuentra primero con una placa de choque. Debido al rápido cambio de velocidad y dirección del flujo de gas, las partículas más grandes caen dentro de la tolva, el polvo más fino y la corriente viajan hacia la parte superior del colector, acumulándose dentro de las bolsas filtrantes, pasando a través de ellas la corriente de gas al lado limpio del cuerpo siendo descargado posteriormente al exterior.

El ciclo de limpieza opera de la siguiente forma: a medida que el polvo se deposita en la superficie interior de las bolsas, la resistencia al flujo aumenta. Periódicamente el flujo de aire a cada compartimento debe ser determinado con

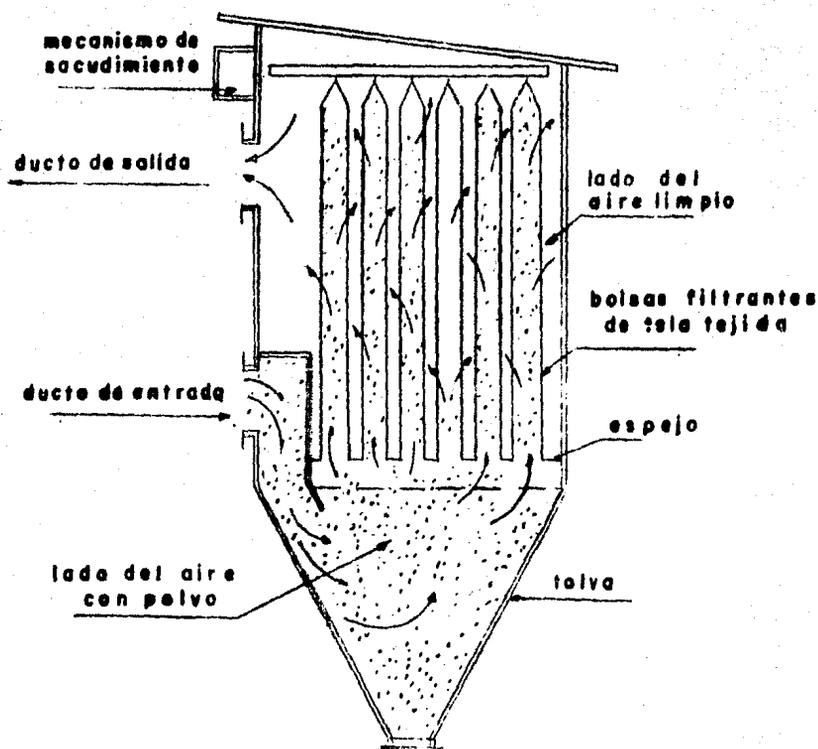


fig. XII.1 selector tipo sacudimiento mecánico

compuertas adecuadas, procediendo en ese momento al sacudido. Se debe considerar tiempo suficiente para permitir que el polvo caiga y se deposite en la tolva evitando el regreso del mismo a la bolsa o bolsas.

Como el periodo de tiempo de limpieza de cada compartimiento es relativamente largo, un buen porcentaje de área total de filtrado (10 a 33%) es desperdiciada. Por lo tanto, la selección del colector deberá ser basada en el área de filtrado neta requerida para cada operación científica.

#### VI.1.b.- Sacudido por soplo de aire

Otro método de sacudido también usado, es el soplo de aire a través de hileras de filtros con lo cual se obtiene un movimiento suave ondulatorio de los filtros. Ver la Figura VI.2. Frecuentemente cuando se usa este sistema de sacudido, las zonas cercanas a la fuente de soplado, son sobresacudidas, perdiendo la eficiencia de filtración, ya que todo sobresacudido eliminará la cama o torta. Otra desventaja del uso de este sistema es que existirán áreas donde no se efectúe la limpieza de filtros, con su consecuente aumento de presión y baja de rendimiento.

Este método debidamente diseñado, tiene la ventaja de no usar partes móviles, por eso está muy difundido.

#### VI.1.c.- Sacudido por burbuja de aire.

Una burbuja de aire comprimido que viaja de la parte alta a la parte baja del filtro, produce el efecto ondulatorio deseado para la limpieza del filtro. Este método no está muy difundido y tiene como desventaja el alto volumen de aire comprimido requerido.

(Figura N° VI.3.)

#### VI.1.d.- Sacudido por Pulsaciones

En este método se emplea la acción de jet o chorro, producida al pasar aire a través de venturis especialmente diseñados, localizados arriba de cada uno de los filtros, (Figura VI.4.)

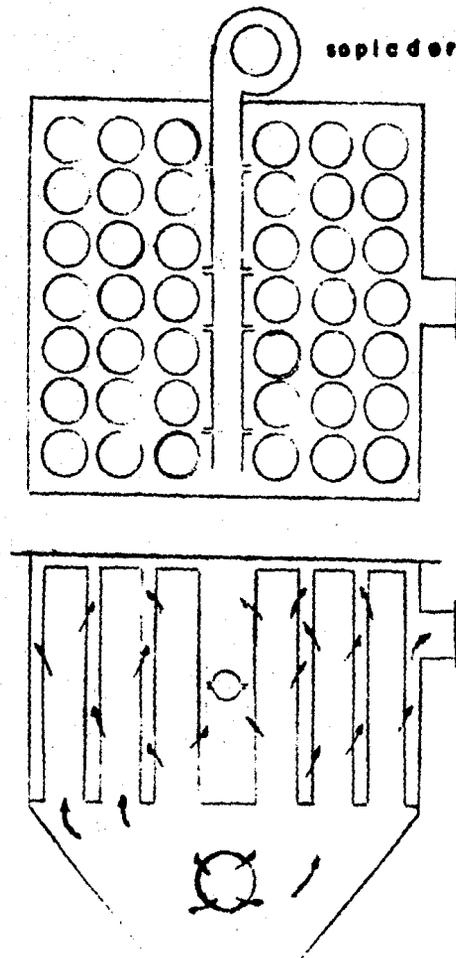
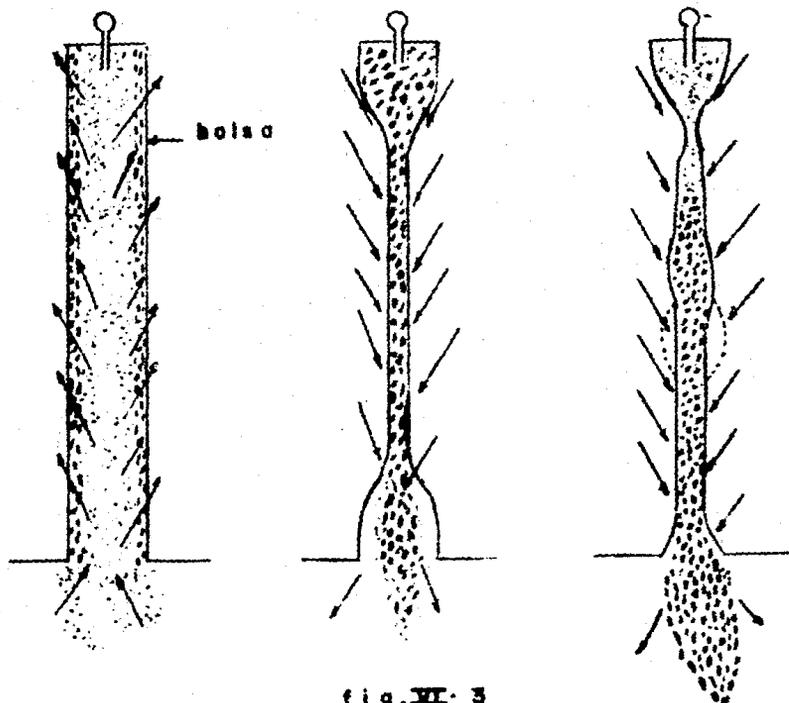


fig. XI.2 secudido por soplo  
de aire



bolso

fig. XI- 3

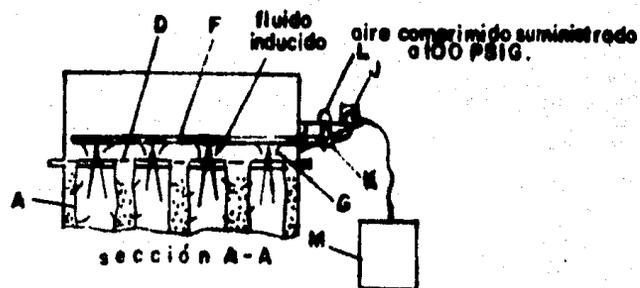
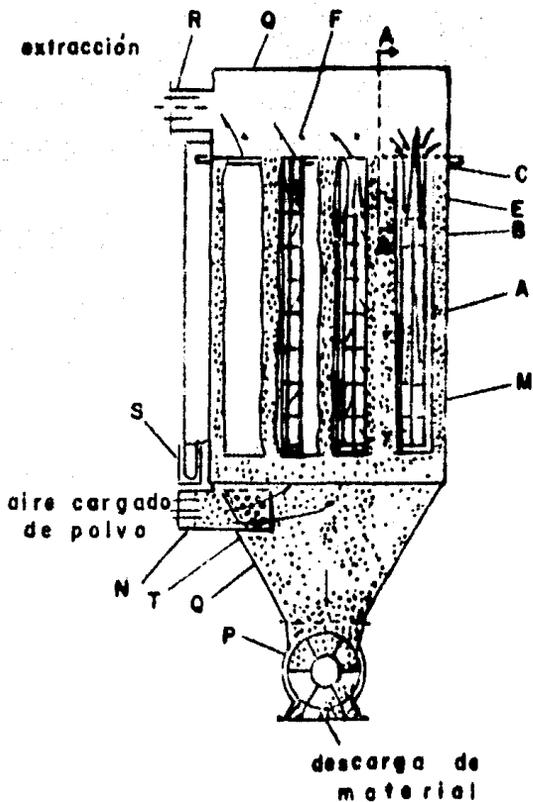
limpieza por burbuja de aire

Este sistema se usa normalmente en filtros suspendidos donde la colección de polvo se efectúa en la superficie externa del mismo. El sistema de pulsaciones debidamente aplicado, causa la aceleración de las partículas colectadas hacia afuera, a medida que el polvo se acumula en la superficie exterior de las bolsas y la presión diferencial a través del colector aumenta, una limpieza periódica se lleva a cabo con la introducción instantánea de aire a alta presión a través de venturis. El aire primario comprimido induce un flujo de aire secundario mediante el efecto del venturi y produce una onda de choque en el interior de la bolsa cuyo flujo reversible es suficiente para limpiarlas. Este sistema utiliza aire comprimido a presiones en un intervalo de 3 a 7 Kg/cm<sup>2</sup>, los volúmenes son relativamente bajos, las telas usadas son fieltros, debido a su alta resistencia a la frecuencia y la intensidad de la limpieza. Debido a que sólo se requiere de 0.1 segundo para la limpieza y sólo una fracción del área total del colector se limpia a la vez, se mantiene un flujo continuo a través del colector. Un programador de tiempo controla el ciclo de limpieza. Además tiene la ventaja de una caída de presión constante y una limpieza continua y automática ya que no se cuenta con partes móviles.

Las desventajas de este diseño son el rápido desgaste de los filtros, debido al uso de bastidores de alambre para el colapso y el alto costo de reemplazo de los filtros.

#### VI.1.e.- Sacudido por aire reverso

Consiste en producir doble o triple colpaso en las bolsas



- A-bolsa filtrante
- B-retenedores
- C-collarines
- D-espejo
- E-venturi
- F-tubo de soplador
- G-orificio
- H-programador electrónico de tiempo
- J-válvula de selenoide
- K-válvula de diafragma
- L-cabezal de aire
- M-cuerpo
- N-entrada
- O-tolva
- P-válvula rotatoria de selle neumático (airlock)
- Q-plenum
- R-extracción
- S-menómetro
- T-difusor

fig. III.4

y posteriormente un suave inflado de los filtros, con lo cual se conseguirá el reemplazo de la cama de polvo y más adelante la caída del mismo a las tolvas.

#### VI.1.f.- Sacudido Ultrasónico

El último intento de mejorar la limpieza de filtros ha sido el uso de generadores ultrasónicos. Los resultados de las pruebas indican que algunos beneficios han sido obtenidos, por lo general este tipo de sacudido requiere la ayuda de otro medio de limpieza, para obtener el objetivo final.

#### VI.2.- Flujo Inverso

El uso de anillos interiores de soporte de filtros para evitar el colapso de los mismos, ha venido a contribuir grandemente en el desarrollo del sistema de limpieza por flujo inverso.

Actualmente existen tres formas de efectuar la limpieza por flujo inverso que son:

VI.2.a.- Represurizado

VI.2.b.- Atmosférico

VI.2.c.- Acción de jet

Un éxito grande se ha alcanzado, represurizando filtros donde éstos se encuentran sometidos a tensiones altas. Normalmente el represurizado se efectúa con un ventilador adicional que maneja baja presión pero alto volumen. Si el colector en cuestión es operado a presión negativa, la presión atmosférica puede ser usada para efectuar la retro-limpieza de los filtros.

Para obtener la represurización se usa una válvula de mariposa accionada con el mismo operador de la válvula de clausura de un compartimento, lo cual abre a la atmósfera cuando la última cierra.

En la Figura VI.5 se ilustra un colector de polvo con flujo reversible utilizando aire a baja presión.

El ciclo de filtrado es como sigue: el aire con polvo se introduce al colector y viaja hacia las mangas filtrantes. El polvo se deposita en las bolsas pasando la corriente de gas a través de ellas, entra a la cámara de aire limpio y pasa hacia las compuertas de descarga saliendo al cabezal común de descarga. El ciclo de limpieza reversible se basa en un programador de tiempo que controla la operación de las válvulas de compuerta que aíslan cada sección.

Durante el ciclo de limpieza, la compuerta de descarga se cierra y la compuerta de inyección de aire se abre permitiendo la entrada de aire a baja presión a la cámara aislada del plenum, descendiendo a través del interior de las bolsas filtrantes invirtiendo el flujo de gas y desprendiendo el polvo depositado en la superficie exterior del filtro.

El tiempo total de limpieza para una sección es de aproximadamente un segundo.

Otro método de limpieza de filtros, en el uso de un anillo que viaje a lo largo de los filtros por la superficie externa, inyectando aire comprimido en flujo contrario al del gas que se está filtrando. Donde se colectan polvos muy finos,

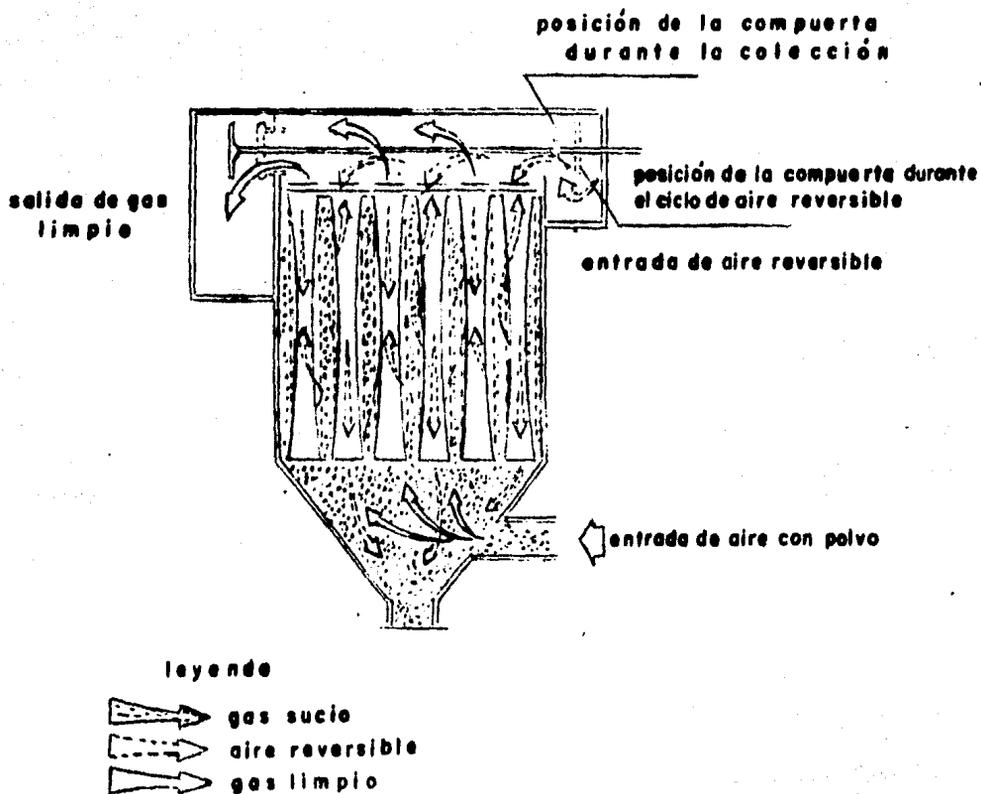


fig. VI. 5 Colector tipo aire reversible a baja presión.

normalmente se ha encontrado una alta caída de presión, dado que las partículas removidas vuelven inmediatamente a ser capturadas por el filtro.

Por lo tanto este diseño ha tenido éxito con polvos que se pueden filtrar a muy alta relación y donde el polvo no es fácil de volver a capturar.

La Figura VI.6 nos muestra el tipo de colector con anillo de soplado viajero. El aire se introduce por la parte superior como se muestra, pudiendo ser introducido por la tolva. El aire con polvo viaja dentro de los cilindros filtrantes donde se acumula el polvo. La corriente del gas a través del filtro a la cámara limpia y sale a través de la conexión de descarga.

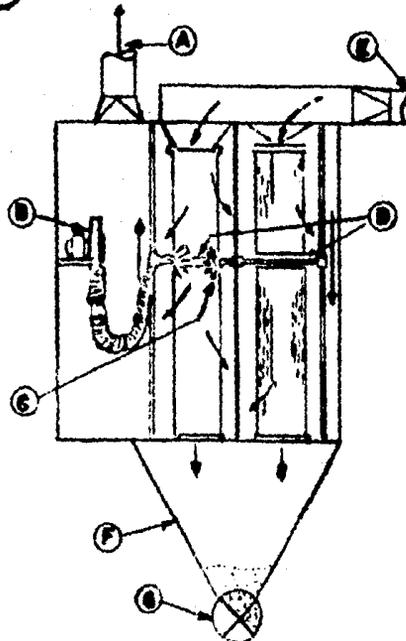
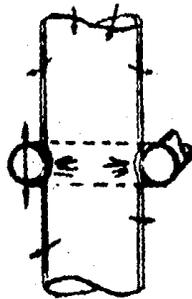
La limpieza reversible es continua; aire de alta presión proveniente de un soplador de desplazamiento positivo es inyectado a través del anillo de soplado. Este anillo contiene perforaciones angostas alrededor de su perímetro. A la vez que el anillo de soplado va de arriba hacia abajo continuamente a lo largo del filtro, aire a alta velocidad es inyectado contra la pared del filtro lo cual ocasiona el desprendimiento del polvo acumulado. Como solamente una pequeña fracción del área de filtrado se limpia, se puede mantener una operación continua y suave. Con filtros afelpados y adecuada limpieza, se obtienen sustancialmente altas capacidades que varían de  $1.21$  a  $4.56 \text{ m}^3/\text{min. m}^2$ .

La Figura VI.7 nos muestra un colector de polvo utili-

zando aire comprimido a alta presión. Para efectuar la limpieza de los filtros se cierra una válvula de disco localizada en cada cámara del plenum. Una inyección de aire a alta presión proveniente de una válvula solenoide se introduce en la cámara aislada del plenum. El aire así dirigido origina una onda que flexiona al filtro, provocando que el polvo se desprenda y se deposite en las tolvas de donde es extraído mediante una válvula de descarga adecuada. En seguida se programa otra sección para efectuar la limpieza reversible; el tiempo de limpieza en este tipo de colectores es también corto, siendo menor de un segundo.

#### VI.3.- Combinación de ambos sistemas

Generalmente algunas aplicaciones requieren del uso combinado de dos sistemas de limpieza, pero los diseñadores están con la idea de usar un sólo tipo de limpieza. Aparentemente se cree que se verán en los nuevos diseños de filtros, más mecanismos sacudidores para la limpieza de los mismos.



sim	partes
A	salida de aire limpio
B	soplador de aire reversible
C	boquilla de aire reversible
D	acción de limpieza con aire reversible
E	entrada de aire sucio
F	tolva con polvo
G	válvula de descarga

colector de polvos del tipo de anillos de soplado viajero

fig. VI. 6

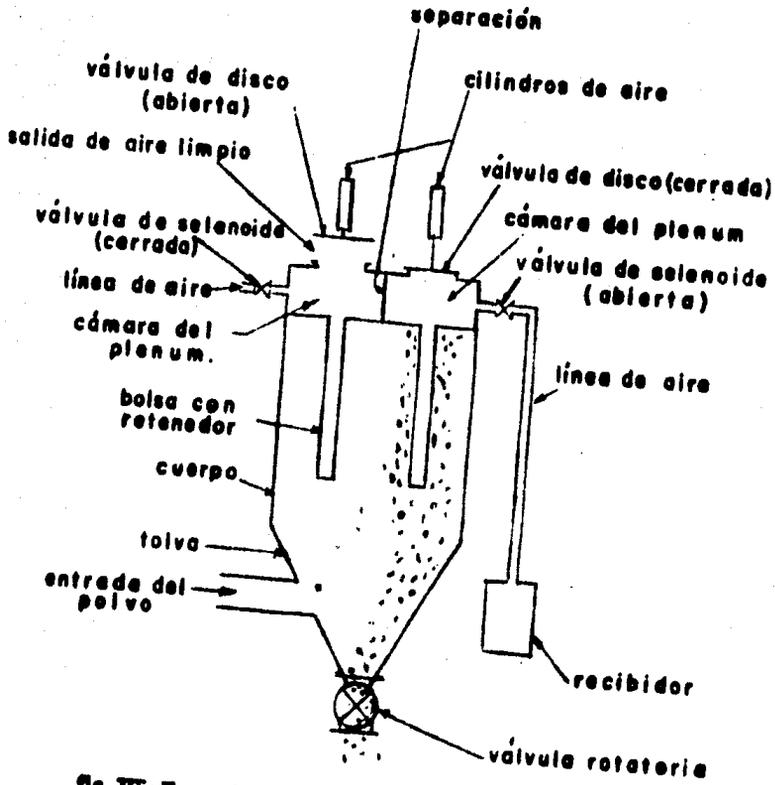


fig. XI.7 colector de polvo con inyección  
pulsante de aire

## CAPITULO VII

## DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE COLECCION DE POLVOS.

Un sistema de colección de polvos consta de las siguientes partes:

VII.1.- La Campana, la cual remueve y capta los contaminantes del lugar de trabajo.

VII.2.- El Ducto, dentro del cual los contaminantes son conducidos a un punto central de colección.

VII.3.- El Colector de Polvos, estos eliminan el polvo fuera de la corriente de aire que será descargada a la atmósfera.

VII.4.- El Ventilador y motor, los que crean un flujo de aire a través de todo el sistema.

VII.1.- Describiremos brevemente la campana.

La campana de un sistema de colección de polvos es el punto de entrada de aire contaminado, hacia el sistema de ductos

El término "campana" es usado en el sentido de incluir todo lo que se succione a través de una abertura, no importando su forma o distribución de ascenso.

Ningún sistema de extracción de polvos puede tener buenos resultados, si no se cuenta con una campana que sea capaz de captar los contaminantes emitidos. A la campana se le pueden añadir pestañas alrededor, las que ayudarán a evitar un reflujó de contaminantes fuera de ella, su diseño debe ser lo

suficientemente grande para proporcionar un área suficiente de extracción. Así como el ducto al cual se unirá para circular el contaminante hacia el punto de descarga. Algunos principios de diseño de campanas son:

- Que la campana encierre tanto como sea posible la fuente de contaminación.
- Que su diseño no interfiera con el área de acción del trabajador.
- Que siempre extraiga los contaminantes lejos de la zona de respiración del trabajador.
- Que se encierre la operación tanto como sea posible reduciendo la cantidad de flujo de aire necesaria para controlar el reflujó de contaminantes, evitando que los residuos se dispersen lejos del campo de captura de la campana.
- Diseñar la forma de entrada de la campana de tal manera que use la fuerza gravitacional para capturar más eficientemente los contaminantes.
- Que los vapores o gases peligrosos sean capturados directamente en la fuente de emisión.

#### VII.2.- Ductos.

El ducto es una vía de transporte que después de que el aire contaminado ha sido capturado por la campana, el ducto conducirá ese aire contaminado hacia el colector de polvo y de ahí a la atmósfera. La fricción de los ductos a que estarán sometidos, debe también ser calculadas de acuerdo a la cantidad de flujo de aire que manejen los mismos.

Algunos principios básicos de diseño de ductos:

- Que tengan un poder de desgaste mínimo al contacto con los contaminantes.
  - Que tengan una velocidad de transporte apropiada, capaz de evitar la acumulación de residuos de polvos o gases que pudieran bloquear el interior del ducto.
  - Conservar un sistema de ductos balanceado capaces de arrastrar todos los contaminantes en diferentes áreas del ducto.
- ( Figura VII.1 )

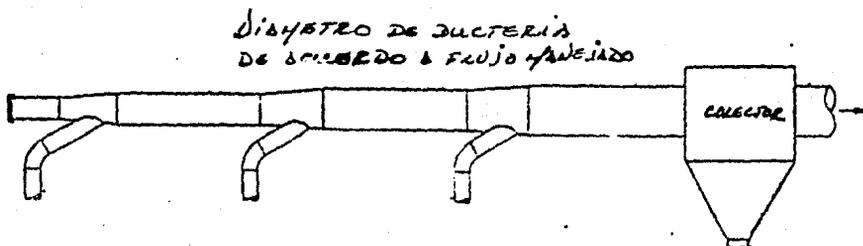


FIGURA VII.1

#### VII.2.a.- Ductos Múltiples

Un sistema de colección de polvo con varias campanas tiene algunos problemas de eficiencia. Después que se determinó la cantidad de flujo de aire que se requiere para la operación, el diseñador del ducto debe seleccionar el tamaño de las ramificaciones, de tal manera que el flujo de aire que de distribuido uniformemente en cada una de las campanas.

La pérdida de fricción de cada ducto también debe ser calculada si algún ducto del sistema tuviese mayor flujo de

aire que otros, el que tenga menor diámetro incrementará la resistencia y la velocidad de aire disminuirá, así como el flujo de aire se verá reducido en las demás campanas.

Este método debe ser bien diseñado cuando se manejan materiales tóxicos o gases explosivos.

Las pérdidas de energía en los ductos ocurren en los siguientes casos:

- Velocidad de presión (A) cuando la presión de succión es creada por el ventilador quien remueve el aire a cierta velocidad, haciendo que el sistema sea o no efectivo.
- Cuando el ducto soporta mayor fricción por la misma velocidad del aire, debido a que el diámetro del ducto es angosto. Los ductos angostos del mismo crean una gran demanda de presión y más a nivel de los ángulos o ramificaciones, creando una pérdida de energía por fricción principalmente a la entrada del ducto principal.

#### VII.2.b.- Defectos comunes de un ducto

En ductos cuadrados o rectangulares es muy común el calentamiento, ya que la velocidad del ducto es mayor, previniendo el estacionamiento o taponamiento por residuos de polvos.

Los ductos tipo horno o con recodo (t) deben de ser evitados pues podrían causar un acumulamiento de residuos de polvos que causarían turbulencias en el interior del ducto.

También deben de evitarse en el diseño de un ducto,

aquellos con diámetros pequeños para un ventilador grande, la razón de ello es que el flujo de aire circulante se reduciría en un 40%.

### VII.3.- Colector de Polvos

Estos usualmente están conectados a los ductos de extracción local, el propósito de los colectores de polvo es coleccionar y separar los contaminantes del aire extraído, el cual será descargado nuevamente a la atmósfera. Su diseño será descrito ampliamente en el capítulo siguiente.

### VII.4.- Ventiladores y Motores

El cuarto elemento en sistema de colección de polvo es el ventilador y el motor. Hay dos grupos de ventiladores que se usan con mayor frecuencia: los de flujo centrífugo y los de flujo axial.

Sólo los ventiladores de aletas radial pueden ser usados para remover el aire que contiene partículas de materiales. Dependiendo de como estén colocadas las hojas del ventilador será más factible elegir el más adecuado, el ventilador centrífugo es el más usual, ya que tiene un tipo especial de hojas colocadas estratégicamente en el rodillo porta hojas. Este tipo de ventiladores es usado en donde la presión es regular o alta; y además soporta la corrosión, ya que está hecho de acero inoxidable. Otra ventaja, es que trabaja con menor emisión de ruido y además puede manejar mayores volúmenes de aire en el sistema. Las hojas del ventilador entre más curvatura tengan será más eficaz para el propósito de su uso.

El otro tipo de ventiladores axiales son más usados en ventilación en general.

En donde el ventilador maneja materiales inflamables, el elemento de rotación debe de estar fabricado de material no férrico y que sea capaz de no producir chispas.

El motor del ventilador localizado en áreas **previstas** con polvos inflamables debe estar aterrizado o contar con especificaciones de seguridad. Se deberá revisar la presión estática, la velocidad del motor, en fin, hacer todos los esfuerzos apropiados para mantener en buenas condiciones funcionales el sistema de extracción.

## CAPITULO VIII

## DISEÑO Y ESPECIFICACIONES PARA COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS

Aparentemente el diseño de colectores de polvo del tipo de bolsas, no es considerado como crítico, existe una gran variedad de diseños aceptables. Experiencias obtenidas en construcción de colectores de polvo del tipo de bolsas, lleva a incorporar en ellos las siguientes características:

VIII.1.- Filtros independientes de tipo tubular abiertos en la parte baja y cerrados en la parte alta.

VIII.2.- La parte baja alojará las rejillas de montaje de los filtros.

VIII.3.- Las tolvas serán de tipo piramidal con entrada de gas a un costado de las mismas, así como medios de descarga.

VIII.4.- Dirección de flujo arriba-abajo.

VIII.5.- Dirección de flujo en los filtros. ( Figuras V.8 y V:9.)

VIII.6.- Inspección de los filtros.

VIII.7.- La máxima longitud de los filtros guardará proporción con respecto al diámetro de los mismos, con lo cual se asegurará una filtración uniforme y una velocidad razonable en la entrada a los filtros.

VIII.8.- Se colocarán válvulas de compuerta para aislar un compartimento y efectuar las labores de mantenimiento.

VIII.9.- Se proveerán pasillos interiores a la altura de la

base de los filtros y de los mecanismos sacudidores.

VIII.10.- Se proveerán escaleras y plataformas para acceso a las puertas de inspección de los distintos niveles.

VIII.11.- Se proveerá suficiente espacio entre filtros para evitar rozamientos, así mismo se colocarán estos de tal manera que sean accesibles para su mantenimiento e inspección.

VIII.12.- En caso de necesitarse aislamiento exterior, se proveerán colectores de doble ancho con plenums interiores.

VIII.13.- La selección de la tela deberá basarse en las siguientes consideraciones.

VIII.13.1.- Temperatura de operación del gas a manejarse.

VIII.13.2.- Composición química del polvo a colectarse.

VIII.13.3.- Estabilidad química y dimensional de las partículas polvo.

VIII.13.4.- Esfuerzo permitido a tensión y flexión.

VIII.13.5.- Permeabilidad.

VIII.14.- Los materiales de construcción de los colectores de polvo se eligen básicamente considerando lo siguiente:

VIII.14.1.- Características químicas y físicas del material a colectarse.

VIII.14.2.- Condiciones ambientales del lugar donde será instalado el sistema de colección de polvo.

VIII.14.3.- El aspecto económico el cual juega un papel importante en la elección del material de construcción del colector de polvo.

Normalmente el material más usado es el acero al carbón, pero puede emplearse también aceros inoxidables, aluminio y aleaciones especiales según sea la aplicación.

La obtención de la información necesaria para la selección de un sistema de colección de polvo de bolsas filtrantes precede a la venta e instalación del equipo.

Es conveniente empezar con definir la aplicación para la cual pretende emplearse el equipo, así como todos los datos disponibles de dicha aplicación y los requerimientos del sistema en general.

El usuario debe suministrar la mayor información disponible para la selección y diseño del sistema. A continuación se mencionarán algunos de los datos más importantes que son requeridos para el propósito mencionado:

VIII.a.- Descripción de la fuente de emisión de polvo.

VIII.b.- Elevación de la planta (m).

VIII.c.- Volumen de gas ( $\text{pie}^3/\text{min}$  a cond. estandar).

VIII.d.- Temperatura y presión de gas

VIII.e.- Fluctuaciones en volumen, temperatura y/o presión.

VIII.f.- Concentración de la carga de polvo (granos/ $\text{pie}^3$ ).

VIII.g.- Gravedad específica.

VIII.h.- Densidad (lbs/pie<sup>3</sup>).

VIII.i.- Naturaleza del polvo (corrosivo, abrasivo, explosivo, tóxico, inflamable, higroscópico, esférico, fibroso, etc.)..

VIII.j.- La relación de filtrado (F.R.) factor ya determinado para cada tipo de polvo su valor numérico se expresa en pie<sup>3</sup>/min/pie<sup>2</sup> de tela filtrante. Este dato es proporcionado por el fabricante.

Por otra parte, el fabricante toma la información antes descrita y debe de recomendar el equipo que él juzgue adecuado para resolver el problema de colección, notificando todos los requerimientos del colector de bolsas, así como la compatibilidad del mismo con el sistema donde va a ser instalado.

Al fabricante, se le debe especificar el tipo de instrumentación y los controles requeridos. El usuario debe ser conciente de la necesidad de servicio y reparaciones para el equipo a intervalos regulares.

La mayor parte de los usuarios y proveedores de colectores de polvo del tipo de bolsas, están de acuerdo en que las bolsas filtrantes nunca deben de ser demasiado grandes. Más area de tela es uno de tantos recursos para bajar la cada de presión, reservar capacidad para futuras expansiones y alargar la vida media del equipo, entre otras. Sin embargo, debido a la realidad financiera de vida hace necesario el uso de un tamaño de colector de tela sin cantidades extravagantes de área extra.

Debido a que la operación de un colector de polvos del tipo de bolsas se afecta por muchas variables, es importante tomar las siguientes consideraciones.

VIII.k.- El flujo real de gas a las condiciones de entrada en términos de volumen por unidad de tiempo ( $m^3/min$ ), así como sus variaciones máximas deberán ser establecidas, con objeto de seleccionar el tamaño adecuado del colector que deberá usarse.

VIII.l.- Concentración de sólidos. El peso promedio y la cantidad máxima de sólidos contenidos en la corriente, deberán ser establecidos, en relación con el volumen de entrada a las condiciones de operación en  $g/m^3$ . Este factor influye directamente en la selección de la relación de filtrado (F.R.), así como en la caída de presión.

VIII.m.- Distribución de tamaños de partículas. Debido a que la caída de presión se afecta directamente con el tamaño de partícula, es muy importante conocer la distribución del tamaño de la carga de sólidos; este puede ser expresado en términos de diámetro equivalente, en micras o tamaños de malla y se pueden indicar porcentajes.

VIII.n.- Propiedades químicas y físicas, tanto del gas como de los sólidos. La composición de productos químicos presentes debe ser conocida debido a que puede haber ataque a la tela u otras partes componentes del equipo.

La tendencia de los materiales a absorber humedad, deberá ser conocida, ya sea que sean higróscopicos (absorción

de agua de la atmósfera), que tienden a disolverse en ambiente húmedo (delicuescentes) o que sean químicamente inestables (tendencia a descomponerse, sublimarse, condensarse, cristalizarse, polimerizarse, explotar, etc.

Es de gran importancia respecto al gas, conocerlo y saber la cantidad de gases combustibles, corrosivos o vapores condensables que contiene a las condiciones de entrada del gas al equipo.

En relación a las propiedades físicas de los sólidos, es útil conocer la forma de las partículas (redondas, irregulares, planas, agujas, etc.) y su tendencia a formar aglomerados mayores, así como desarrollar y retener cargas electrostáticas que afectan el funcionamiento del filtro. Características del flujo tal como ángulo de reposo, densidad, abrasión, etc. son otros factores importantes.

En cuanto al gas, la densidad del mismo a las condiciones de entrada del ventilador, tienen una influencia directa a los requerimientos de potencia, ya que los caballos de fuerza varían directamente con la densidad.

VIII.ñ.- Humedad.- Como se especificó en las propiedades de los materiales y del gas, es importante conocer el contenido de humedad, dado que afecta directamente la selección del colector de polvo, siendo imposible en algunos casos, utilizar éstos en materiales que contengan o tiendan a absorber demasiada humedad, ya que se obstruirían completamente las bolsas filtrantes, a menos que se sigan procedimientos especiales, como precalenta

miento, aislamiento, etc.

VIII.o.- Temperatura. Las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco determinan fundamentalmente la selección del medio filtrante, así como algunos materiales de construcción. Las temperaturas en los casos de alto contenido de humedad son importantes, debido al riesgo de condensación de vapores que puedan obstruir el medio filtrante y provocar ataque corrosivo al mismo medio o a los materiales de construcción.

VIII.p.- Altitud. Otro factor importante que debe ser considerado, es la localización geográfica de la planta en la que va a ser localizado el equipo.

Vientos, cargas de nieve (en algunos casos), atmósferas corrosivas, explosivas o húmedas, deben ser consideradas en el diseño general del sistema.

Teniendo en cuenta las especificaciones descritas anteriormente, las cuales describen la aplicación dada, el fabricante especificará el tamaño y la capacidad para el colector de polvo del tipo de bolsas, más o menos de acuerdo a los siguientes lineamientos:

VIII.q.- Área total de tela (o área filtrante).

La capacidad de un colector de polvo en términos de relación gas-tela (flujo por unidad de área de tela) se establece sobre las bases de las especificaciones mencionadas.

VIII.r.- Área de tela activa (o área de filtración durante el período de limpieza).

Determina la relación máxima de gas-tela (o capacidad) para el colector de bolsas. Para un colector de polvo de compartimentos, el área de tela activa es la que permanece operando, cuando uno o varios compartimentos están en período de limpieza.

#### VIII.s.- Caída de presión.

Se calcula finalmente para las condiciones de capacidad máxima en términos de columna de agua (como presión diferencial) de la boca de entrada a la boca de descarga del colector de polvo.

En la mayoría de los casos se selecciona un equipo que opere entre los límites de 5 a 15 cms. de columna de agua de presión diferencial. A una eficiencia constante la potencia del ventilador varía directamente con la presión estática.

#### VIII.t.- Velocidad de filtrado.

Esta varía de aplicación a aplicación, dependiendo de las características de filtración de polvo en particular.

#### VIII.u.- Constante de filtración.

La constante de filtración para distintos materiales se ha determinado en unidades piloto y se ha encontrado que depende del tamaño de las partículas, distribución de las mismas, forma, propiedades superficiales y fuerzas electrostáticas.

Existen aún muchos factores que afectan la selección de un colector, por lo que es necesario trabajar con senti-

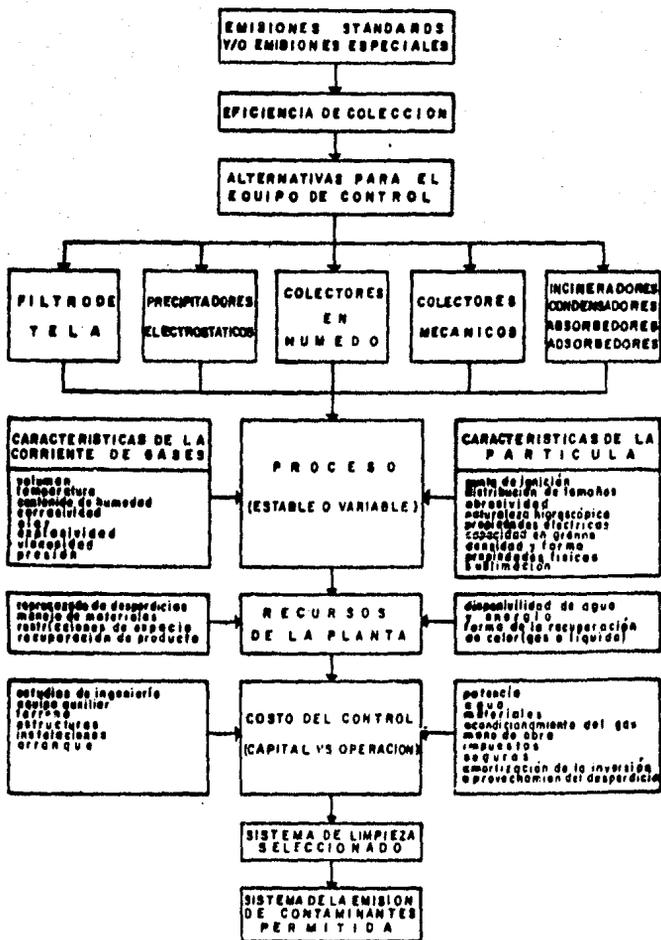
miento investigador para conocer los resultados en otras aplicaciones similares y desarrollar métodos para conocer aunque teóricamente, los resultados que la experiencia práctica no nos puede proporcionar.

Como uno de los factores determinantes para la selección del filtro es la caída de presión en el mismo, así como la naturaleza del polvo, se deben conocer perfectamente las leyes que la gobiernan para seleccionar el tipo de tela apropiado, éste deberá ser resistente a las propiedades abrasivas y químicas del polvo y gas a manejar.

La selección final respecto a la forma de la tela, tipo de la misma, tamaño del colector, el método de sacudido o limpieza de filtros y los equipos auxiliares se realizará por el fabricante, basado en la experiencia y conocimiento de aplicación, así como las modificaciones necesarias en el equipo, (ver tabla de la selección y diseño de un equipo de control que se muestra en el Cuadro VIII.1. ).

La obtención de la información que afecta la selección del equipo, requiere de la cooperación del fabricante del colector y del cliente o sus representantes. Esto involucra un completo entendimiento de los requerimientos de capacidad y funcionamiento de acuerdo a lo expresado por el usuario o de lo determinado en pruebas o experimentos. También requiere que el cliente entienda completamente la naturaleza y las funciones del equipo seleccionado y su rendimiento esperado.

CRITERIO DE LA SELECCION Y DISEÑO  
DE UN EQUIPO DE CONTROL



Servicios proporcionados al Cliente.

La mayoría de los fabricantes ofrecen servicios a propietarios de equipos de filtrado, en cuanto a supervisión, operación y mantenimiento se refiere. La manera como el cliente puede utilizar estos servicios es:

#### VIII.1.a.- Supervisión de instalaciones.

Generalmente los sistemas de filtrado son muy grandes para suministrarse ensamblados, por lo que se hace en piezas individuales o módulos o paneles o sub-ensambles. Debido a que el colector debe ser a prueba de fuego para conservar su alta eficiencia, será necesario supervisar el ensamble del mismo para que se efectúe de una manera adecuada.

El sellado entre las partes individuales se hace normalmente con soldadura y compuestos adhesivos.

Una fuga entre el lado sucio y el lado limpio hace decrecer inmediatamente la eficiencia y reduce la vida de los filtros.

También es común que se instalen los filtros antes de terminados los cortes y soldaduras, y como es bien sabido, la mayoría de los filtros no resiste el contacto con las chispas.

Los servicios de supervisión sirven para evitar problemas de ensambles, completar las instalaciones de acuerdo con las especificaciones del fabricante; además el personal que se encargará de la operación y mantenimiento puede obtener instrucciones y procedimientos adecuados.

### VIII.1.b.- Operación.

Hemos dicho repetidas veces que la base del diseño es la caída de presión en la tela del filtro. Los fabricantes suministrarán normalmente un manómetro entre el lado limpio y el lado sucio, mismo que deberá conservarse en perfecto estado por el personal de operación, ya que este instrumento nos indica el estado actual de operación del colector de polvo.

Cambios en la caída de presión indican la existencia de problemas dentro del filtro o cambio en las condiciones de operación.

Algunos de los problemas clásicos que ocurren en los colectores pueden ser: válvulas que no cierran, mecanismos sacudidores que no accionan, polvo que no ha sido removido de las tolvas, carga en el filtro aumentada repentinamente, falta de aire comprimido, etc.

El manómetro colocado en el colector, detectará la falla pero no diagnostica, por lo que será necesaria una labor de mantenimiento para corregir las posibles fallas. Si todas las partes están en buenas condiciones y la alta presión persiste, deberá llamarse a los técnicos de servicio del fabricante.

Algunas veces el aumento de presión se debe a cambios en procesos y será necesario, si este continúa, hacer modificaciones para evitar daños permanentes en el filtro que pueden requerir arduos trabajos de corrección.

### VIII.1.c.- Mantenimiento.

Con las nuevas leyes que regulan la contaminación, los filtros de polvo han pasado a ser considerados máquinas de producción, aún cuando estos están colectando materiales de desecho. En ciertas compañías se ha dado el caso, que las plantas industriales se cierran hasta que los equipos de colección son reparados. De esto se desprende que los programas de mantenimiento de los colectores son de vital importancia para asegurar una operación continua. La tela del filtro es la parte más importante del colector, la eficiencia del mismo depende de la integridad de la tela.

El costo de operación será gobernado principalmente por el cambio de bolsas. El costo de mantenimiento mecánico de otros componentes será afectado si el filtro se perfora o falla, ya que el polvo entrará al lado limpio donde se encuentran alojados.

Los componentes mecánicos deben esperar en ciclos continuos reparaciones prolongadas producen desgastes prematuros en las otras secciones debido a la alta presión a través de las bolsas.

Es conveniente evitar que la temperatura no sobrepase el intervalo establecido.

Con respecto al polvo colectado, este debe ser removido de las tolvas y no permitir que nunca llegue a los filtros. Se usará siempre el mismo tipo de tela con que se diseñó el filtro, a menos que el fabricante acepte o recomiende un cambio de tela.

Un efectivo mantenimiento basado en los anteriores principios y con el uso de buenos procedimientos y frecuencias razonables, pueden evitar problemas por meses, mientras otros, es necesario hacer inspección cada turno.

Los siguientes procedimientos son recomendados:

VIII.2.a.- Mantener el lado limpio del colector libre de polvo. Se puede usar aspiradora industrial. El polvo depositado alrededor de las bolsas, desgasta rápidamente las mismas.

VIII.2.b.- Inspeccionar cada compartimento diario, si se encuentra polvo, por rotura de una bolsa, reemplazarla inmediatamente o tapar el agujero del soporte de la misma.

VIII.2.c.- Revisar la tensión de las bolsas regularmente, si el colector es de sacudido mecánico, las bolsas se descargarán más rápidamente si están flojas y el polvo no fluirá fácilmente a las tolvas o se desgastará si están demasiado tensas.

VIII.2.d.- Llevar registro de la localización de las bolsas que se cambian, ya que puede haber lugares con corrientes dentro del cuerpo, que pueden desgastar muy fácilmente las bolsas y esto debe ser remediado.

VIII.2.e.- Los registros indicarán la vida de los filtros, cuando un 90% de las mismas hayan sido cambiadas, el reemplazo deberá ser completo. con lo que se encontrará que el costo de mantenimiento se reducirá y se conseguirá mayor vida de las bolsas.

VIII.2.f.- Revisar la operación de los transportadores y válvulas diariamente.

VIII.2.g.- Llevar control de la lectura de manómetros, lo cual dará idea de las irregularidades y se podrán corregir de inmediato.

VIII.2.h.- Mantener los tableros de control libres de polvos, ya que ésto es una de las causas principales del mal funcionamiento en los colectores.

VIII.2.i.- Cuando el colector esté en operación, revisar los mecanismos de seguridad constantemente.

VIII.2.j.- Cada vez que sea necesario efectuar operaciones de corte y soldadura, se tendrá que remover los filtros y asegurar que el extractor se encuentre apagado.

Algunos fabricantes tienen programas de servicio de inspección a instalaciones de colectores o solicitud del cliente. Dentro de estos programas se da orientación a operarios y empleados de mantenimiento para dar solución a los problemas y elaborar un informe por escrito.

Sabemos que es de esperarse problemas en equipos que deben trabajar continuamente y con una eficiencia de 99%, pero estos problemas pueden ser reducidos a un mínimo, cuando el personal de operación y mantenimiento esté bien informado de los límites del equipo, las consideraciones de diseño y las ventajas de un programa de mantenimiento preventivo.

## CAPITULO IX

FIBRAS Y TELAS USADAS EN LA FABRICACION DE BOLSAS FILTRO,  
MATERIALES QUE PUEDEN SER RECOLECTADOS CON FILTROS DE TELA

El tema que ahora nos ocupa es considerado de suma importancia, ya que la selección correcta de fibras y telas para ser aplicadas en la colección de polvos resulta un factor determinante para lograr una óptima operación en los equipos.

Las fibras textiles utilizadas para este efecto se encuentran disponibles en el mercado en una amplia variedad compuesta por:

## FIBRAS NATURALES

Vegetales

Animales

Minerales

## FIBRAS HECHAS POR EL HOMBRE

Sintéticas

Artificiales

De estos grupos se desprende como el más importante el de las fibras sintéticas, ya que han demostrado considerables ventajas sobre todas las demás para ser utilizadas en el campo de la filtración. Por tal motivo, aquí presentamos los distintos tipos y principales características de las fibras sintéticas y como caso especial la fibra de vidrio que generalmente son utilizadas en la manufactura de bolsas para colectores de polvo.

Dentro de la gran variedad existente de este tipo de fibras actualmente se cuenta con una amplia gama para la fábricación de tejidos especiales para ser utilizados en colec

tores de polvo, los que permiten satisfacer en la mayoría de sus casos las necesidades y requerimientos de la industria actual.

La razón por la que las fibras naturales han sido prácticamente desplazadas por las sintéticas, obedece a que el desarrollo de éstas últimas, así como los tratamientos químicos y térmicos de que son susceptibles, ha permitido superar las naturales.

Lo anterior es aplicable básicamente a la lana y el algodón, fibras que han sido sustituidas por el poliéster y la fibra acrílica entre otras.

Las razones son muy simples y para poder ampliar esta información, a continuación se muestra una tabla, donde se pueden apreciar las características y ventajas que ofrecen una fibra sobre otra.

	LANA	ALGODON	POLIESTER	ACRILICAS
RESISTENCIA A LA TENSION	Mala	Buena	Excelente	Buena
RESISTENCIA A LA ABRASION	Mala	Mala	Buena	Regular
RESISTENCIA A LA TEMPERATURA	90°C	100°C	135°C	140°C
RESISTENCIA A LOS ACIDOS	Regular	Mala	Buena	Buena
RESISTENCIA A LOS ALCALIS	Mala	Excelente	Regular	Regular
RESISTENCIA A LA HUMEDAD	Excelente	Buena	Buena	Buena
ESTABILIDAD DIMENSIONAL	Buena	Regular	Excelente	Regular
FLEXIBILIDAD	Excelente	Buena	Regular	Excelente

Para otros efectos de comparación, a continuación se presenta una tabla donde se puede apreciar por grupos y por orden descendente las fibras generalmente utilizadas para filtración de polvo y la superioridad de unas comparadas con otras en cuanto a sus características generales. Esta tabla puede servir como índice para seleccionar la fibra adecuada a nues-

tras necesidades.

<u>RESISTENCIA A LOS</u> <u>ACIDOS</u>	<u>RESISTENCIA A LOS</u> <u>ALCALIS</u>	<u>RESISTENCIA A LA</u> <u>TENSION</u>
TEFLON	TEFLON	NYLON
POLIPROPILENO	POLIPROPILENO	VIDRIO
ACRILICAS	NOMEX	POLIPROPILENO
POLIESTER	VIDRIO	NOMEX
NOMEX	POLIESTER	ACRILICAS
NYLON	ACRILICAS	TEFLON

<u>RESISTENCIA A LA</u> <u>ABRASION (HUMEDA</u> <u>Y SECA)</u>	<u>RESISTENCIA AL CALOR</u> <u>( SECO )</u>	<u>RESISTENCIA AL CALOR</u> <u>( HUMEDO )</u>
NYLON	VIDRIO	VIDRIO
POLIPROPILENO	TEFLON	TEFLON
POLIESTER	NOMEX	NOMEX
NOMEX	POLIESTER	ACRILICAS
ACRILICAS	ACRILICAS	NYLON
VIDRIO	NYLON	POLIESTER
TEFLON	POLIPROPILENO	POLIPROPILENO

TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION RECOMENDADA

VIDRIO - - - - -	260°C
TEFLON - - - - -	250°C
+ NOMEX - - - - -	220°C
ACRILICAS - - - - -	140°C
+ POLIESTER - - - - -	135°C
+ NYLON - - - - -	120°C
POLIPROPILENO - - - - -	90°C

+ Estas fibras están sujetas a sufrir degradación por hidrólisis ante la presencia de elevadas temperaturas combinadas con un alto porcentaje de humedad

Sabiendo que existen en el mercado varios tipos de colectores de polvo del tipo de bolsas, los cuales se identifican por su sistema de limpieza, conocidos como de baja relación y/o alta relación de filtrado.

Considerando los parámetros anteriores, los fabricantes de telas filtrantes han considerado y diseñado dos tipos de construcción identificadas como:

TELAS TEJIDAS

TELAS AGUJADAS

Telas Tejidas.- Son aquellas fabricadas mediante los procesos tradicionales de tejido y aplicables a colectores de polvo con sistemas de sacudido mecánico y aire reverso.

Telas Agujadas.- Son obtenidas a través de técnicas de fabricación que les imparten características especiales para aplicarse en colectores de polvo con sistema de sacudido por pulsaciones y en algunos casos para aquellos con sistema mecánico.

Sabiendo cuales son las aplicaciones prácticas de cada una de estas telas, a continuación veremos las más comunmente utilizadas en filtración de polvos y sus características.

Dentro de la gran variedad existente de diseños en telas tejidas, son tres los ligamentos básicos de donde se derivan la mayoría de las construcciones y éstas son:

TAFETAN O PLANO

SARGA

RASO O SATIN

TEJIDO TAFETAN O PLANO. Es el más simple y sencillo de los ligamentos y debido a su construcción, ofrece una buena resistencia al trabajo mecánico, tiene buena compactación y excelente estabilidad, pero también debido a su construcción ofrece facilidad para obturarse y por consiguiente deficiencia en el desprendimiento del polvo.

TEJIDO SARGA. La característica principal de esta tela consiste en su ligamento en forma diagonal que la coloca como la número uno para ser utilizada en filtración, ya que su peculiar construcción le permite ofrecer su excelente desprendimiento del polvo.

Otras características de importancia de esta tela, son su buena resistencia al trabajo mecánico, menor posibilidad de obturación que el tafetán y una excelente flexibilidad.

TEJIDO RASO O SATIN. Este tipo de construcción es muy similar al de la carga con la diferencia de que el área de cobertura de los hilos no es en forma continua sino alternada. Como características principales ofrece una superficie bastante lisa, de donde se deriva un excelente desprendimiento del polvo, pero debido a que la cantidad de hilos es mayor y son más finos que la que se tiene en el tafetán y la sarga, esto se refleja en una baja resistencia al desgaste, no siendo muy recomendable a utilizarla en equipos con sistemas de sacudido enérgico.

Como en un principio dijimos, estas telas son utilizadas en colectores de polvo diseñados para trabajar con relaciones

Aire/tela muy bajas que andan en el orden de 1.0/1 a 3.0/1 lo que implica instalaciones muy grandes cuando se trata de manejar volúmenes de gas elevados.

TELAS AGUJADAS. El desarrollo de nuevos y eficientes sistemas de limpieza y la necesidad de manejar grandes volúmenes de gases en espacios reducidos, ha hecho que las telas agujadas tengan hoy en día un papel muy importante en el terreno de la filtración.

Este tipo de telas han sido diseñadas para trabajar eficientemente con una relación de aire a tela muy alta debido a que tienen una superficie filtrante muy grande, derivada de los miles de orificios que ofrece este diseño, permitiendo una mejor y mayor difusión del aire.

Las telas agujadas se obtienen por medio de entrelazamiento de fibras sueltas que son ancladas a un tejido base por medio de las agujas de un telar.

Este proceso es muy delicado y decisivo para lograr las especificaciones adecuadas de una tela, ya que intervienen controles como: cantidad de penetraciones, tipo de aguja y el avance del telar, cantidad de capas de velo y por supuesto características de la fibra.

La última fase dentro de la fabricación de las telas filtro, la cual es también de mucha importancia, corresponde al acabado que se les pueda dar incluyendo una o varias operaciones que pueden ser mecánicas o químicas y que como ya se mencionó, tienen por objeto modificar, en mejora, las características de una tela de acuerdo a las condiciones de operación a las cuales va a estar sujeta.

ficientemente bueno, de fácil limpieza y deberá tener suficiente área de superficie para mantener una buena porosidad en la torta. En un análisis final, la eficiencia óptima de filtración depende del desarrollo que tenga dicha torta de filtrado.

Es eficaz mientras el área de la superficie empieza a cubrirse, la tela influye la porosidad, la eficiencia de filtración y la caída de presión. Como el proceso es continuo la porosidad de la torta decrece, atrapando más pequeñas partículas por las diminutas intersecciones y por los tortuosos pasajes de aire.

Un problema común de muchos fabricantes de tela es la tendencia que tiene ésta a dilatarse o a alargarse bajo una carga continua o a encogerse a una temperatura elevada. Algunos encogimientos o dilataciones pueden cambiar la permeabilidad de una tela y pueden hacer que el elemento filtrante se desprenda o que quede demasiado ajustado para el lavado propiamente. En algunos casos, una tela se abre porque tiene una excesiva fuga después de ser limpiada. La elongación de la tela puede deberse a un excesivo contacto de los elementos filtrantes, afectando al servicio de vida. La fibra de vidrio es la fibra que tiene una elasticidad perfecta, con una elongación de 3% para romperse. El dacrón es muy estable, pero el Orlon es más difícil de controlar.

#### ACABADO DE LA TELA

El acabado de la tela es el proceso de revestimiento, sellado térmico, afelpado pulido, etc. El acabado es extremadamente importante para la filtración de gas con telas. El

Los procesos de acabado más usados comunmente en las telas filtro son:

LAVADO

TERMOFIJADO

CALANDRADO

CHAMUSCADO

PERCHADO

TRATAMIENTOS QUIMICOS

Los efectos que generalmente se logran con este tipo de acabados son:

PERMEABILIDAD

RESISTENCIA A LA TENSION

RESISTENCIA A LA ABRASION

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

ESTABILIDAD CONTROLADA

CAPACIDAD DE RETENCION

FACILIDAD DE DESPRENDIMIENTO

REPELENCIA AL AGUA

RETARDANTE A LA FLAMA

ANTIESTATICOS

RESISTENCIA A LOS ACIDOS

RESISTENCIA A LOS ALCALIS

Efecto de la Tela sobre la Eficiencia de Filtración

La tela puede ser un soporte eficaz para el engrosamiento de la torta de filtrado. Este deberá ser impermeable, su-

ficientemente bueno, de fácil limpieza y deberá tener suficiente área de superficie para mantener una buena porosidad en la torta. En un análisis final, la eficiencia óptima de filtración depende del desarrollo que tenga dicha torta de filtrado.

Es eficaz mientras el área de la superficie empieza a cubrirse, la tela influye la porosidad, la eficiencia de filtración y la caída de presión. Como el proceso es continuo la porosidad de la torta decrece, atrapando más pequeñas partículas por las diminutas intersecciones y por los tortuosos pasajes de aire.

Un problema común de muchos fabricantes de tela es la tendencia que tiene ésta a dilatarse o a alargarse bajo una carga continua o a encogerse a una temperatura elevada. Algunos encogimientos o dilataciones pueden cambiar la permeabilidad de una tela y pueden hacer que el elemento filtrante se desprenda o que quede demasiado ajustado para el limpiado apropiamente. En algunos casos, una tela se abre porque tiene una excesiva fuga después de ser limpiada. La elongación de la tela puede deberse a un excesivo contacto de los elementos filtrantes, afectando al servicio de vida. La fibra de vidrio es la fibra que tiene una elasticidad perfecta, con una elongación de 3% para romperse. El dacrón es muy estable, pero el Orlon es más difícil de controlar.

#### ACABADO DE LA TELA

El acabado de la tela es el proceso de revestimiento, sellado térmico, afelpado pulido, etc. El acabado es extremadamente importante para la filtración de gas con telas. El

sellado térmico proporciona una mejor superficie de filtración. Cuando las fibras sintéticas son expuestas a elevadas temperaturas, tienden a aflojarse. La manifestación de un ligero aflojamiento en la forma de la tela, son fugas en las torceduras y en el relleno de la hilaza. Las fugas bajan la permeabilidad e incrementan la rigidez de la tela. Es importante para controlar esta tendencia a aflojarse a elevadas temperaturas, hacer el acabado de las telas para filtración de gas, bajo condiciones estrictas de diseño.

Para telas de filamentos, a menudo es posible reducir la presión de retorno por un afelpado ligero en el lado donde se recibe la carga de polvo. El aumento de fibras en la superficie, tiene la misma forma de acción como aquellas de las telas hiladas para promover la formación de una torta previa de filtrado en la superficie, con lo cual no penetrará en las intersecciones de la tela.

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

Debido a la diferencia de acabados, puede variar ligeramente la densidad de la fibra.

La adición de un acabado de silicón a la tela es a menudo benéfico (en lubricidad, resistencia a la humedad, etc.) y uso de un acabado en telas de fibra de vidrio es esencial

para una vida máxima, ya que protegen a la fibra contra la abra  
sión misma. El acabado más popular para una tela de fibra de vi  
drio es el silicón (aceite o resina) o grafito coloidal o grafi  
to-silicón.

Las telas filtrantes para que puedan operar a condiciones de diseño, deben de tener el acabado apropiado, así como la ade  
cuada estabilidad para reducir el cambio dimensional y el enco  
gimiento. Si los cambios anteriores tienen efectos en una tela ya en operación, habrá cambios en la permeabilidad y en funcio  
namiento.

Normalmente se aplican los siguientes acabados:

IX.1.- Termofijado en la fibra o tela cruda.

IX.2.- Curado y termofijado.

IX.3.- Termofijado en los crudos y tratamiento con resinas si-  
licones.

IX.4.- Curado, termofijado y tratamiento con silicones.

Algunas telas pueden ser usadas en su acabado crudo o además de los acabados ya mencionados, puede llevar el aplana  
do, calandreado y el tratamiento con resinas especiales para obtener propiedades muy particulares en determinadas telas.

Frecuentemente las telas filtrantes se calandrear para proveerlas de la porosidad deseable y obtener una superficie suave y tersa.

El presionado o aplanado de una tela filtrante se hace para mejorar la filtración y retención de partículas. El método

más popular usado en la fabricación del medio filtrante es el cosido y éste debe hacerse con hilo fabricado con la misma fibra de la tela. Para asegurar sus propiedades, el hilo que se usa en el cosido debe estar pre-encogido al mismo grado que la tela para eliminar el encogimiento de la costura, una vez que el medio filtrante se pone en servicio. Con la gran influencia de las telas termoplásticas usadas en el campo de la filtración, el sellado térmico parece tener la ventaja de que elimina los agujeros de las telas, lo cual a su vez reduce las fugas a través de las mismas.

#### EFFECTOS DE LAS VARIABLES DE LA TELA

##### IX.5.- Cantidad de hilos.

Si la cantidad de hilos es reducida, ya sea en torcido o llenado, la permeabilidad es incrementada porque se inrementa el área del poro y la eficiencia de coleccion inicial se disminuye. Inversamente, si la cantidad es incrementada en cualquier dirección, la permeabilidad disminuye. Una alta cantidad de tejidos lisos son más fácilmente acomodados que una alta cantidad de tejidos planos.

##### IX.6.- Tamaño de la hilaza.

El tamaño grande de la hilaza, el mínimo número de poros y la baja permeabilidad aumenta la retencion inicial de sólidos, inversamente el tamaño pequeño de la hilaza y la alta permeabilidad decrecen la retencion inicial de sólidos.

#### IX.7.- Efecto del afelpado.

Algunas veces es aceptable el afelpado natural del hilo. Sin embargo telas con un fuerte llenado de hilos pueden tener mucho más afelpado para procesos, donde puede haber condensación formando bolsas de polvo en la tela.

En otras palabras, el afelpado grueso o llenado de hilos no pueden ser usados en algunas aplicaciones, por ejemplo: ciertos humos. El afelpado puede reducir la permeabilidad de la tela por arriba de un 50%.

#### IX.8.- Torcido de hilos.

Más torcidos en un hilo, aumenta la permeabilidad y disminuye la eficiencia de colección inicial. Cuando el torcido se incrementa, conviene reducir el diámetro del hilo. A pesar del torcido del hilo, todo el flujo de gas puede pretender pasar a través de las intersecciones o poros, dando una menor resistencia en la línea de flujo.

### FACTORES QUE AFECTAN EL SERVICIO DE VIDA

El aumento del peso de la tela, algunas veces proporciona un servicio de vida mayor. Los hilos grandes tienen una mayor resistencia a la abrasión. La resistencia a la abrasión se relaciona al diámetro del hilo expuesto a la abrasión. Los hilos multi-filamentados son algunas veces más resistentes a la abrasión que los hilos simples de la misma fibra. Siempre que sea posible, deben instalarse las telas normales, ya que ello representa muchos años de trabajo desarrollado por parte de

las industrias textiles, químicas y de proceso. Sin embargo, cuando la tela normal no provee un medio de filtración aceptable, los fabricantes de fibras sintéticas, los productores de tela y los proveedores de medios filtrantes, deberán coordinarse para ayudar en la selección del medio filtrante adecuado.

Debe hacerse notar que cuando existen condiciones severas, la respuesta final deberá estar dada por pruebas bajo condiciones reales de filtración y de colección de polvos. Estrechamente asociada con la selección de la fibra y telas está la selección del acabado apropiado de la tela.

Con el uso de la información contenida en este trabajo, el problema puede reducirse a la selección de una o dos fibras y/o telas que darán los mejores resultados.

Es muy importante para hacer una buena aplicación de un colector de polvo del tipo de bolsas en la industria, conocer bien los factores que intervienen en la selección del mismo. Los colectores de polvo del tipo de bolsas tienen una amplia aplicación en la industria química, minera, alimenticia, textil, metalúrgica, papelera, petroquímica, cementera, etc.

Generalmente hablando, en cualquier tipo de industria donde exista la necesidad de control de polvos en la atmósfera. El objeto del uso de colectores del tipo de bolsas en la recolección o separación de polvos, es el tratar de eliminar los sólidos en la corriente de gases con el propósito de:

IX.a.- Evitar la contaminación atmosférica.

IX.b.- Evitar molestias.

IX.c.- Evitar riesgos y peligros para la salud.

IX.d.- Mejorar la calidad de los productos.

IX.e.- Recuperación de un producto valioso.

IX.f.- Recuperación de un producto en proceso.

IX.g.- Venteo de equipos.

La aplicación de un colector de polvos también va a depender de las limitaciones de espacio que se tenga.

Materiales que pueden ser recolectados con filtros de tela:

Acetado de celulosa	Cal	Coco
Acido fumárico	Calcio y polvo de vidrio	Colorantes
Acido isoftálico	Calcita	Comida animal
Acido nirilotriacético	Cal hidratada	Compuestos de magnesio
Acido tereftálico	Carbón	Compuestos de mercurio
Aditivos de hule	Carbón activado	Compuestos de plomo
Aire atmosférico	Carbón y aluminio	Coque calcinado
Alfalfa	Carbón negro	Coque de petróleo
Aleaciones de cobre	Carbón negro y pigmentos	Coque y polvo de hulla
Alumina	Carbonato de calcio	Cosméticos
Alumina hidratada	Carbonato de litargirio	Cromo
Anhidrido ftálico	Carbonato de magnesio	Cromo amarillo
Antracita	Carbonato manganeso	Cuero
Arcilla de asfalto	Carbonato de potasio	Desechos de hospitales
Arcilla de bentonita	Carne	Desechos de maíz
Arcilla de polvo de bauxita	Cáscara molida de trigo	Dextrina
Arena en general	Cebada	Dextrosa
Aserrín	Celofán	Dextrosa hidratada
Aspirina	Celulosa	Dióxido de titanio
Barita	Ceniza de hueso	Dolomita
Basura desperdicios	Cereal	Escamas de cobre
Café	Clorhidrato de aluminio	Espuma de poliuretano
Caolín	Cloruro de calcio anhidro	Extracto de musgo
Caolín calcinado	Cloruro de cobre	Farmacéuticos
Bentonita	Cobre	Fécula de maíz

Feldespató	Hipoclorito	Microsel
Fenólicos	Hojuelas de chocolate	Migajas de pan
Fibras de acrilán	Humos de hornos	Milo
Fibras de madera	Insecticidas	Mineral de berilio
Fibras de nylon	Jabón	Mineral de cobre
Fibras de rayón	Keltrol	Mineral de cromo
Fosfato dicalcico	Lactosa	Mineral de hierro y titanio
Pigmentos de asbesto	Lana mineral	Mineral y polvo de bauxita
Fragmentos de macarrón	Leche de polvo	Molibdeno
Fragmentos de película y polvo	Levadura	Monofosfato de calcio
Fungicidas	Litargirio	Monoglicerina
Gelatina	Magnesio quemado	Musgo de Irlanda
Germen de trigo	Magnesita	Musgo de mar
Harina	Malta, tamo y polvo	Nylon y poliéster
Harina de maíz	Melamina	Orozus
Harina de pescado	Metil celulosa	Oxocloruro de bismuto
Harina de trigo	Mezclas de maíz y azúcar (dextrosa)	Oxidos
Heno	Mezclas de cafeína	Oxido de aluminio
Herbicidas en general	Mezclas de cocos	Oxido de antimonio
Hidróxido de aluminio	Mezclas de pigmentos	Oxido de berilio
Hidróxido de calcio	Mezclas de sílice	Oxido de cobalto
Hidróxido de cobre	Mezclas de sosa	Oxido de cobre
Hilaza de algodón	Mezclas de vinil	Oxido de estaño
Hilaza, polvo y basura	Mezclas de vitaminas	Oxido de hierro
Hilaza y fibras sintéticas	Mezclas plásticas	Oxido de magnesio

Oxido de manganeso	Polvo de bentonita	Polvo de hueso
Oxido de plomo	Polvo de borax	Polvo de hule
Oxido de uranio	Polvo de bronce	Polvo de ladrillo
Oxido de zinc	Polvo de cacahuete	Polvo de lesa
Oxido verde de cromo	Polvo de carbón en general	Polvo de maíz
Pelo de chivo	Polvo de carbón	Polvo de mármol
Pellets de hule	Polvo de cáscara de nuez	Polvo de metal
Pentasulfuro de fosfato	Polvo de catálisis en gral.	Polvo de mica
Pentóxido fosfórico	Polvo de cemento	Polvo de óxido de aluminio
Perlita	Polvo de cerámica	Polvo de óxido de níquel
Pesticidas	Polvo de cobre	Polvo de papel
Pimienta	Polvo de coca	Polvo de paraformaldehído
Pintura epóxica	Polvo de coque	Polvo de pigmentos
Pirofosfato ácido de sodio	Polvo de criolita	Polvo de plomo
Plumas	Polvo de detergente	Polvo de polacrilamida
Poliestireno	Polvo de enzima	Polvo de poliester
Polímeros de nylon	Polvo de fertilizantes	Polvo de polímeros
Polipropileno	Polvo de fibra de vidrio	Polvo de pulpa de remolacha
Poliuretano	Polvo de fluoruro	Polvo de roca
Polvo de acrílico	Polvo de galleta	Polvo de roca fosfórica
Polvo de agregado asfáltico	Polvo de gluten de maíz	Polvo de sílice
Polvo de alquitrán	Polvo de grafito	Polvo de silicón
Polvo de arcilla	Polvo de grano	Polvo de tabaco
Polvo de bakelita	Polvo de haba	Polvo de titanio
Polvo de banburg	Polvo de hierro	Polvo de trigo

Polvo de vidrio	Sílica, arcilla y aluminio
Polvo de yeso	Sulfato de bario
Polvo de yeso negro	Sulfato de cobre
Polvo de yeso y papel	Sulfato de magnesio
Polvo de zinc	Sulfato de níquel
Polvo epóxico	Sulfato férrico
Polvo facial	Sulfito y sulfato de plomo
Polvo fluorescente	Tapioca
Polvo orgánico	Tantalio
Polvo químico para la agricultura	Té
Potasa	Tejas de arcilla
Productos alimenticios	Tierra de Diatomea
P.V.C.	Tiras y recortes de papel
Residuos de madera	Titanato de potasio
Residuos textiles	Triacetato de celulosa
Productos químicos en general	Trióxido de arsénico
Resinas de poliéster	Triopolifosfato
Resinas de P.V.C.	Tricilicato de magnesio
Resinas de vinil	Tungsteno
Resina epóxica	Vermiculita
Resina fenólica	Zirconium
Riboflavina	
Sales de hierro	
Semillas de algodón	
Semilla de mostaza	

## CONCLUSIONES

En las páginas anteriores, se han descrito los factores más importantes para la selección y diseño de los colectores de polvo del tipo de bolsas filtrantes.

Todos estos factores mencionados implican que las soluciones para el control de contaminación atmosférica, deben encontrarse para cada problema en particular, no se puede simplemente adquirir equipos de control que resuelvan cualquier problema. Cada caso requiere un concienzudo estudio, un diseño apropiado, una ingeniería específica y después, con el tiempo y la práctica los ajustes que sean necesarios.

No existe la creencia de que la contaminación sea el precio de la industrialización. No creo que el balance ecológico de nuestro ambiente esté en riña con los balances tecnológicos y con el progreso. Pero nada es simple refiriéndose al control de la contaminación.

La diversidad de operaciones es tal, que tenemos que enfrentarnos a todo tipo de contaminantes. Todos ellos se producen en cantidades considerables y cada uno requiere de equipo y tratamiento especializado.

Los fabricantes de esta clase de equipos, en base a la investigación y experiencia, están desarrollando continuamente nuevas técnicas, mejorando diseños y presentando nuevas telas, por lo que creo que los colectores del tipo de bolsas filtrantes jugarán un papel muy importante en el futuro para evitar la contaminación atmosférica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL. INDUSTRIAL VENTILATION AND MANUAL OF RECOMMENDED PRACTICE. ED. 14. CAP. 4; 6, 11.
- 2.- BECKER K. W. CONSIDERACIONES SOBRE SISTEMAS PARA CONTROL DE CONTAMINACION DEL AIRE. CHEMICAL ENGINEERING PROCESS. 1973. PAG. 504-506.
- 3.- BUFFALO AEROTURN, PULSE DUST COLLECTOR. BULLETIN AP-750.
- 4.- ESCALANTE M. FRANCISCO. "PROGRAMAS PARA LA PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN MEXICO". DIRECCION GENERAL DE SANEAMIENTO ATMOSFERICO. MEXICO. MAYO 1981.
- 5.- FURANO A. MACRAE B., TAYLOR D. FORECASTING. "SO<sub>2</sub> CONCENTRATIONS". POLLUTIO ENGINEERING. E.E.U.U. 1980. PAG. 23.
- 6.- MC CABE LOUIS, PROCEEDING OF THE UNITES STATES TECHNICAL CONFERENCE ON AIR POLLUTION. MC GRAW HILL BOOK COMPANY. CAP. 35. PAGES. 280-288.
- 7.- PERRY, ROBERT & CHILTON, CECIL. CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK. 5<sup>a</sup> ED. MC GRAW HILL. CAP. 20.
- 8.- RYMARZ T. M., KLIPSTEIND. "DESCRIPCION COMPARATIVA DE DIVERSOS TIPOS DE COLECTORES DE POLVO". CHEMICAL ENGINEERING PROCESS. INDIANA. 1975. PAG. 504-506.
- 9.- SMITH J. L. AND SHELL H. A. "SELECTING DUST COLLECTOR" CHEMICAL ENGINEERING PROCESS. INDIANA. 1968. PAG. 60-73.
- 10.- SUAREZ MUÑOZ-LEDO RAUL. "SISTEMA PARA LA PREVENCION Y CON-

TROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN MEXICO". DIRECCION GENERAL DE SANEAMIENTO ATMOSFERICO. MEXICO. MAYO. 1981.

- 11.- SWEITZER A. TERRY. "UNDERSTANDING THE AMBIENT AIR MONITORING REGULATIONS". POLLUTION ENGINEERING. E.E.U.U. 1980. PAG. 41, 42, 43.
- 12.- TOLIVIA MELENDEZ ENRIQUE. "ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA". PRESENTADA EN la 2<sup>a</sup> JORNADA TECNICA " LA INDUSTRIA Y LA CONTAMINACION". MEXICO. 1981.
- 13.- TORRES IAN M. "CONTEXTOS". SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. MEXICO, D.F. 1980. PAG. 32-40.