

308917



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

14  
2ej.

---

Con estudios incorporados a la  
Universidad Autónoma de México  
1987-1992

**“COLECCION DE NEBLINA DE ACEITE  
MEDIANTE FILTROS BROWNIANOS”**

**TESIS PROFESIONAL**

Que para obtener el título de

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA MECANICA**

**PRESENTA:**

**RICARDO COLLANTES ZAVALA**

Director de Tesis:  
Dr. Piotr Rusek Piela

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

México, D.F.

265663

1998



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 esta 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.

Quiero agradecer profundamente y compartir este logro con Dios por estar siempre conmigo.

Con gran amor a mi esposa Claudia por su incondicional apoyo.

A mis hijas Montserrat y Anakaren con mucho cariño.

A mis padres con admiración y cariño por apoyarme siempre.

Con cariño a mis hermanos.

Al Dr. Rusek por su valiosa ayuda.

Con agradecimiento a mis maestros por compartir sus conocimientos.

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b> .....	2
---------------------------	---

### **CAPITULO 1**

#### **PLANTEAMIENTO TEORICO**

1.1 Clasificación de las partículas.....	8
1.2 Velocidad terminal de sedimentación.....	11
1.3 Etapas de un mecanismo físico para la colección de partículas.....	14
1.3.1 Separación de la partícula dentro del fluido.....	14
1.3.2 Retención de los depósitos superficiales.....	16
1.3.3. Remoción de lo colectado en la superficie para su recuperación o confinamiento.....	17
1.4 Mecanismos para atrapar partículas líquidas en un fluido.....	19
1.5 Movimiento Browniano.....	20
1.6 Componentes de un equipo separador de partículas líquidas de un fluido.....	24
1.7 Pruebas adoptadas para determinar la eficiencia de un filtro.....	27

### **CAPITULO 2**

#### **PROBLEMATICA**

2.1 Análisis del problema.....	30
2.2. Soluciones alternativas.....	34

2.2.1 Lavador de gases tipo Venturi.....	35
2.2.2 Precipitador electrostático.....	38
2.2.3 Filtros Brink.....	40
2.2.4 Colector de cartuchos.....	43
2.3 Efectos adversos.....	44
2.4 Impacto ambiental.....	45
2.5 Soluciones temporales adoptadas.....	46
2.6 Primera solución seleccionada.....	49
2.6.1 Análisis del problema en la primera solución seleccionada.....	50

### **CAPITULO 3**

#### **SOLUCION ADOPTADA**

3.1 Cuadro comparativo.....	54
3.2 Principio de operación de los filtros tipo Brink.....	55
3.2.1 Mecanismos de retención de acuerdo al tamaño de la partícula.....	56
3.3 Colector de neblinas de aceite mediante filtros Brink.....	57
3.3.1 Cálculo de flujo de aire.....	58
3.3.2 Diseño de campanas de extracción.....	59
3.4 Cálculo de espesor del recipiente para colocar los filtros.....	62
3.4.1 Espesor de las tapas.....	63
3.4.2 Espesor del cuerpo.....	64

3.5 Sistema de control del equipo.....	66
3.6 Filtros de carbón activado.....	68
3.6.1 Principio de funcionamiento.....	70
3.6.2 Cálculo de filtro de carbón activado.....	70

## **CAPITULO 4**

### **OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

4.1 Filtros Brink.....	74
4.1.1 Mantenimiento del ventilador.....	78
4.1.2 Instalación eléctrica y neumática.....	79

## **CAPITULO 5**

### **CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

Conclusiones.....	81
Sugerencias. ....	84

<b>ANEXOS.....</b>	<b>86</b>
--------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>91</b>
--------------------------	-----------

# **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

En el control de contaminación ambiental todos los aspectos importan. No es suficiente contar con conocimientos teóricos y científicos; empero los elementos sociales, éticos, humanos y morales tienen el mismo grado de importancia. Hemos caído en situaciones en donde se negocia la contaminación con las autoridades fijando niveles o se aprovecha como medio publicitario sin un fondo real de conciencia ética.

Es por esto que los ingenieros involucrados en este tipo de tareas encuentran en estos atributos la recompensa de su carrera. La necesidad de cubrir un perfil que va más allá del conocimiento profesional o científico nos obliga a buscar herramientas éticas al igual que elementos de la ciencia moderna.

Durante la labor diaria en materia de control ambiental, nos encontramos con preguntas que demandan respuestas que no se pueden contestar con herramientas puramente técnicas. En este momento nos hallamos con un campo nuevo pero antiguo en su esencia que es la ética ambiental o ecologista. Se dice que es antiguo ya que el hombre siempre ha tratado de satisfacer sus necesidades de bienes materiales que faciliten su convivencia diaria. Este afán de crear satisfactores lo ha llevado constantemente a la creación de efectos adversos al ambiente a través de los procesos productivos. La naturaleza y la vida existe en función de que los elementos fundamentales se renuevan constantemente en la biosfera a través de fenómenos cíclicos que existen para cada uno de ellos. Ciclos como los del agua, atmósfera, plantas si se alteran se provoca un desequilibrio ambiental que afecta directamente a la vida que sustenta.



En la antigüedad estos efectos eran menos severos ya que existía una relación más estrecha entre el hombre y la naturaleza, pero en nuestros días el problema se ha complicado y hemos perdido la perspectiva de cumplir con las leyes de la naturaleza para poder lograr una armonía de convivencia entre el hombre y su medio ambiente; en donde los mecanismos de autopurificación sobrepasan su capacidad reguladora.

Una sustancia es considerada contaminante cuando ejerce un efecto adverso en el ambiente, y en particular, un efecto en la salud del hombre. Es difícil determinar en algunos casos si existe un efecto, o si el efecto se deriva directamente del contaminante.

El caso de asbestos es un ejemplo claro de cómo en la actualidad podemos estar manejando sustancias y materiales aparentemente seguros a la salud, y después de años de utilizarse se descubre que causan daños adversos a la salud como el cáncer. A pesar de esto el asbesto se continúa utilizando en un sinnúmero de aplicaciones.

Podemos decir que el asbesto no es el origen en ocasiones del cáncer debido a que no hemos identificado su etiología; no podemos adjudicarle una causa directa como en el caso de un virus en ciertas enfermedades. Sin embargo, el asbesto no lo identificamos como la causa pero sí como un factor que contribuye al desarrollo de este tipo de problemas. Este ejemplo nos enseña cómo la mayoría de los contaminantes son evaluados en cuanto a su efecto sobre la salud y cómo el problema de la contaminación resulta un complejo punto de discusión cuando los efectos y causas no se pueden asignar de manera directa.

A partir de este planteamiento podemos darnos cuenta que la solución de la contaminación requiere de un tratamiento ético y científico con igualdad de importancia en muchos casos.

Nuestro país ha vivido en el pasado un proteccionismo comercial y productivo que permitía a los empresarios industriales mantener su planta productiva en condiciones poco supervisadas en cuanto a sus actividades adversas al medio ambiente. Es tan marcado este aspecto que en la actualidad el objetivo no ha sido evitar la contaminación para la mayoría de las empresas, sino cumplir con una normatividad en cuanto a sus emisiones que no cumple con Normas Internacionales, y en muchas ocasiones ni siquiera existe una norma mexicana. La gran mayoría de las personas encargadas del aspecto productivo carecen de una cultura y educación ecológica y cuando se enfrentan a la contaminación en sus procesos lo consideran "normal" dentro del mismo y con la ya clásica frase "estamos dentro de la norma".

Es necesario un cambio radical en este tipo de razonamiento, ya que aunque muchos argumentan estar dentro de la norma, la mayoría de los análisis de laboratorio para chimeneas presentan grandes discrepancias entre los resultados de un laboratorio y otro, lo que hace dudar de los mismos. El gobierno en un esfuerzo por estandarizar procedimientos y métodos ha establecidos controles que deben de cumplir las instancias encargadas del monitoreo de emisiones como lo son los laboratorios; que deben de contar con la autorización del Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios. Por otro lado existe la regulación de la actual Secretaría del Ambiente de cómo se deben llevar a cabo estos análisis y encontramos fallas a partir de que el puerto de muestreo no cumple con las normas, por lo que el análisis

seguramente arrojará datos equivocados. Nos hemos acostumbrado a trabajar con focos de contaminación tan graves, que cuando las emisiones son aparentemente pequeñas ni las consideramos a tratar.

Es importante darnos cuenta que la solución a la contaminación no se limita al cumplimiento de las Normas sino a evitarla. En países desarrollados como Estados Unidos hay fábricas que manejan acuerdos con el Gobierno en cuanto a la cantidad de contaminantes que se les permite emitir de acuerdo al producto que se manufactura; lo que en ocasiones es más fácil de controlar y cuantificar. En cuanto a lo que respecta al monitoreo de chimeneas este método no permite la evaluación numérica de las emisiones ya que varían los flujos durante la operación y generalmente se disminuyen los ritmos de producción durante el muestreo.

La falta de regulación, ética profesional y moral, los malos manejos sindicales que se preocupan sólo por intereses propios, la corrupción, el proteccionismo y la carencia de personal capacitado en materia ambiental, son las principales causas del gran atraso que México tiene en este rubro.

A pesar de esto es un hecho que se han dado cambios importantes en los últimos años pero falta madurarlos e integrarlos como parte del acervo cultural de los profesionistas encargados de vigilarlos.

También es importante mencionar que también hay empresarios y compañías que realmente se preocupan por el medio ambiente y han logrado dentro de su organización crear una cultura ambiental que se aplica en todos los ámbitos, tanto de trabajo como en el hogar de

sus integrantes. Este tipo de compañías son las que en el futuro prevalecerán como parte del ecosistema que forman.

En este caso en particular se solucionó el problema de emisión de neblinas de aceite ocasionado durante la elaboración de grasas industriales en la compañía Roshfrans. El tema es de alta relevancia ya que después de treinta y cinco años de buscar soluciones se logró abatir con gran éxito la contaminación utilizando la tecnología de filtros Brownianos, la cual se explica a lo largo del presente trabajo.

El primer capítulo es un planteamiento teórico del tipo de partículas que se pueden encontrar suspendidas dentro de un sistema compuesto por un gas (aire atmosférico) y un líquido, así como las leyes que lo rigen. Comprendiendo el comportamiento de las partículas podemos saber cómo controlarlas.

El capítulo dos plantea el problema, las diferentes alternativas para solucionarlo, sus implicaciones al medio ambiente y las primeras soluciones adoptadas.

El tercer capítulo habla de los criterios de selección y el diseño del sistema que se utilizó como solución.

El cuarto capítulo da las directrices de operación y mantenimiento.

El quinto capítulo son las conclusiones y sugerencias al sistema actual.

# **CAPITULO 1**

## **PLANTEAMIENTO TEORICO**

## **PLANTEAMIENTO TEORICO**

### **1.1 Clasificación de las partículas.**

Para comprender los términos y los conceptos básicos para resolver el problema de contaminación ambiental con neblinas de aceite, es necesario saber el tamaño de partículas dentro de la corriente del fluido y cuáles son los procesos que nos pueden llevar a esta condición. Consideramos para efectos prácticos el fluido en nuestro caso como el aire atmosférico.

Posteriormente se clasifica el tipo de partículas líquidas que se generan dentro del sistema de acuerdo a su tamaño, ya que a partir de éste es que se selecciona el sistema a utilizar para su separación del fluido que las sostiene.

Tanto en los fenómenos naturales como en los procesos industriales de transformación, un gas y un líquido se pueden poner en contacto intencionalmente en la absorción y destilación, o como una mezcla de fases que pueden ocurrir sin desearlo por efecto de la condensación de un vapor en una corriente de aire. Sin importar el origen, es usualmente deseable o necesario separar el líquido del gas. Por lo general esta separación ocurre en forma natural, aunque el tiempo no siempre es el conveniente por lo que se utilizan procesos de separación que lo aceleren. En la mayoría de los casos las partículas dentro del gas son líquidas y sólidas ya que siempre hay una mezcla de partículas en el ambiente y procesos, sin embargo la tendencia suele ser hacia un extremo líquido o sólido. En este caso en particular se concentra el estudio en

líquidos dentro de un gas y la concentración de sólidos se desprecia; además nuestro interés va dirigido directamente a evitar la contaminación atmosférica a través de hidrocarburos líquidos dentro de una corriente de aire.

En realidad se ha estandarizado poco la definición de partículas para su clasificación dentro de un gas, y esto generalmente nos guía a una confusión en la selección, diseño y operación de equipo para la colección de las mismas. La siguiente clasificación es bastante representativa y adecuada para comprender su aplicación en el proyecto.

La siguiente clasificación es de acuerdo a su tamaño a saber:

- **Aerosol** se puede aplicar para partículas tanto sólidas como líquidas, que eventualmente se sedimentan por la gravedad y partículas submicrónicas desde diez hasta veinte  $\mu\text{m}$ .

- **Neblina** se le define como a la dispersión de líquido fino suspendido que generalmente se produce por la condensación y va desde partículas grandes hasta las menores a 0.1  $\mu\text{m}$ .

- **Spray** son pequeñas gotas líquidas arrastradas en la corriente de un gas o fluido. Estas pueden estar siendo llevadas dentro del gas mediante un proceso de atomización. En este caso, el tamaño puede ir desde el más pequeño hasta la que cuya velocidad terminal de sedimentación es igual a la velocidad de arrastre del gas dentro de un volumen donde se puedan sedimentar.

El proceso de spray es creado constantemente sin la voluntad de hacerlo, como en el caso de la condensación de un vapor en las paredes de un ducto frío y su subsecuente arrastre, o en

el flujo en tubería en dos fases y al hervir líquidos. En general las partículas en spray van desde cinco mil  $\mu\text{m}$  hacia abajo. Sin embargo puede haber traslapamiento en tamaño entre partículas grandes por neblinas y las más finas de spray, pero algunas autoridades han encontrado arbitrariamente conveniente fijar una unión de diez  $\mu\text{m}$  entre las dos. En la realidad el traslape se da con mucha frecuencia en la región de cinco a diez  $\mu\text{m}$ . En la siguiente tabla se compara el tamaño de partículas líquidas creadas por diferentes mecanismos.

Tabla 1.1 Tamaño de partículas de acuerdo al mecanismo físico que las genera<sup>1</sup>.

MECANISMO O PROCESO	RANGO DEL TAMAÑO DE PARTICULA ( $\mu\text{m}$ )
Líquido a presión a través de una tobera	1000 - 5000
Tobera para atomizar gases	1 - 100
Líquido hirviendo	20 - 1000
Condensación con niebla	0.1 - 30
Flujo de dos fases dentro de un ducto	13 - 2000

<sup>1</sup>PERRY, H. Robert, Perry's Chemical Engineers Handbook, sexta edición, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A., 1984. p. 18-71.



## 1.2 Velocidad terminal de sedimentación.

Para entender el concepto de velocidad terminal de sedimentación es necesario primero definir un concepto denominado fuerza de arrastre, la cual se debe a la fricción que existe entre una partícula y el gas que lo rodea. El gas ejerce un arrastre a la partícula de tal manera que afecta su movimiento dentro del gas modificando su comportamiento frente a la acción de la gravedad.

Ahora podemos decir que la velocidad terminal de sedimentación de un líquido dentro de un gas se define como la velocidad constante a la que cae una partícula debido al balance de fuerzas entre la fuerza de gravedad y la fuerza de arrastre del gas<sup>2</sup>. Este concepto se conoce como la aerodinámica de las partículas y está mejor definido por la ecuación del físico y matemático George Gabriel Stokes (1819-1903) expresada por la Ley de Stokes<sup>3</sup>:

$$U_t = G d^2 (p - g) / 18u$$

donde:

G es la aceleración gravitacional (9.81 m / s)

p es la densidad de la partícula (kg / m<sup>3</sup>)

g es la densidad del gas (kg / m<sup>3</sup>)

u es la viscosidad del gas (kg (masa) / m s)

d es el diámetro equivalente de Stokes de la partícula (m)

U<sub>t</sub> es la velocidad terminal

<sup>2</sup>Op. Cit. p. 21-69.

<sup>3</sup>FISHER-CLOSTERMAN. Particle Classifier. E.U.A.1991. Boletín No. 333-C.

Una partícula con diámetro equivalente de Stokes se asume que es perfectamente esférica, de densidad homogénea y que tiene cierta velocidad terminal dentro de un gas o fluido determinado. Se deduce de la Ley de Stokes que las partículas tienen diferente tamaño aerodinámico (velocidad terminal) si su tamaño físico, textura superficial, forma, homogeneidad o densidad es otra con respecto a las demás.

Por ejemplo, no es común para partículas de grandes dimensiones, como una pluma, caer con una baja velocidad terminal. Esto quiere decir que esta partícula, a pesar de su gran tamaño, tiene un diámetro aerodinámico equivalente muy bajo. En otras palabras, esta partícula de  $.0254 \text{ m} \times .0127 \text{ m} \times .001587 \text{ m}$  de espesor, actúa como una de  $50 \text{ }\mu\text{m}$  de acuerdo a la definición de la Ley de Stokes.

Las partículas en general, difieren unas de otras en dimensiones y forma. Aprovechando estas características, además de utilizar los conceptos básicos de las leyes de Stokes podemos determinar la velocidad terminal de diferentes partículas con el objeto de manejarlas a nuestra conveniencia dentro de procesos donde interviene un fluido (aire atmosférico) y la partícula.

Ejemplos de este tipo son:

a) La utilización de filtros para atrapar partículas no deseadas dentro de la corriente que las arrastra en función de la velocidad terminal de la partícula con respecto al fluido que las sostiene.

b) Selección de partículas a través de clasificadores aerodinámicos en donde se separan polvos gruesos de finos, esta práctica es muy común en la industria alimenticia y minera.

c) Limpieza de partículas pesadas impregnadas de polvos no deseados como en el caso de

las máquinas granalladoras, las cuales se utilizan para limpiar piezas metálicas de arena (fundición) y corrosión superficial (reconstrucción), así como tratamientos superficiales.

Mediante un sistema de bombeo se proyectan a gran velocidad pequeñas esferas metálicas a la pieza, liberando las impurezas y dejando una superficie granular. Posteriormente estas esferas se deben purificar para poder volver a lanzarlas contra la pieza a limpiar. El proceso de limpieza se lleva a cabo creando una cortina de esferas que al caer atraviesan una corriente de aire, que de acuerdo a la velocidad terminal de las esferas, las libera del polvo continuando éstas en su caída libre al sistema de bombeo (Figura 1.1). En caso de no limpiar adecuadamente las esferas metálicas, comúnmente llamadas granalla, el proceso de limpieza se vuelve deficiente y la máquina sufre desgaste prematuro en baleros y mecanismos de fricción. Estos mecanismos son costosos y tienen un alto tiempo de reparación.

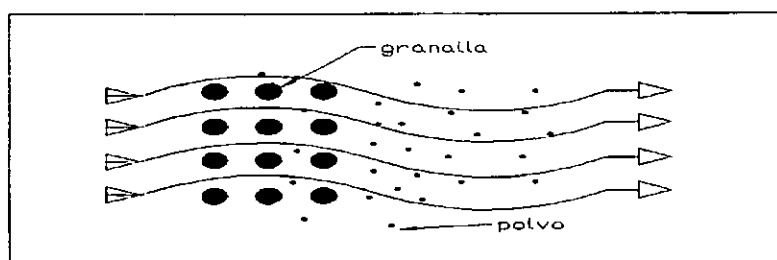


Figura 1.1 El flujo de aire libera a la granalla del polvo fino durante el proceso de granallado. Esto se logra ya que la granalla tiene una mayor velocidad de sedimentación y el aire que la atraviesa no puede vencer la acción de la gravedad sobre la granalla en caída libre.

### **1.3 Etapas de un mecanismo físico para la colección de partículas.**

Una vez determinado el tamaño de partícula también es necesario conocer los mecanismos físicos que se utilizan para separar un líquido de un gas, así como las partes o etapas de dichos mecanismos para poder seleccionar el método adecuado de separación de acuerdo a las necesidades y tiempo de respuesta.

Los tres pasos básicos de operación por los que atraviesa el mecanismo para la colección de partículas líquidas son<sup>4</sup>:

1. Separación de la partícula dentro del gas por entrar en contacto con una superficie que la retenga.
2. Retención de lo que se depositó en la superficie.
3. Remoción de lo colectado en la superficie de retención para su recuperación o confinamiento.

#### **1.3.1 Separación de la partícula dentro del fluido.**

El primer paso de separación requiere de la aplicación de una fuerza que produce un diferencial de movimiento de la partícula con respecto al gas y suficiente tiempo en la superficie para que ésta llegue al depósito de colección. Esta fuerza se traduce en una velocidad que lleva el gas con respecto a la superficie de retención comúnmente llamada filtro y se encuentra

---

<sup>4</sup>PERRY, H. Robert. Perry's Chemical Engineers Handbook, sexta edición, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A. ,1984. p. 20-80.

estrechamente ligada a la velocidad terminal :

$$A.T. = F / T$$

Donde A.T. es la velocidad (m / min) , F el flujo de aire (m<sup>3</sup> / min ) y T (tela) área del medio filtrante (m<sup>2</sup>). Esta velocidad es determinante en los medios de filtración y se obtiene por medio de la experimentación y a través del estudio de los mecanismos físicos para separar líquidos de un fluido, los cuales se describen más adelante. Las empresas que manufacturan elementos filtrantes someten éstos a pruebas de laboratorio durante horas para poder obtener la óptima relación aire tela que su producto soporta en presencia de cierto líquido o gas. Estas compañías dedicadas a la fabricación de filtros, se basan principalmente en su experiencia adquirida con los años para fijar esta velocidad. Por esta razón los fabricantes no dan la información al usuario ya que es parte de su tecnología adquirida con el tiempo y muchas veces con fracasos en ciertas aplicaciones donde no cuentan con estas pruebas y requieren arriesgar el éxito o fracaso de su producto.

La vida industrial y tecnológica se encuentra en una constante evolución y es difícil contar con la experiencia diaria de los procesos actuales en cuanto filtración. Cuando se requiere de enfrentar un nuevo reto en aplicaciones que antes no existían las empresas tienen que arriesgarse y utilizar toda sus vivencias hasta llegar al punto de invertir dinero con los clientes y poder probar con éxito su producto para alcanzar los nuevos retos. Es importante siempre buscar a las empresas de mayor renombre y experiencia en el mercado para este tipo de

productos ya que es la experiencia la que garantiza la funcionalidad.

### 1.3.2 Retención de los depósitos superficiales.

Una vez que la partícula líquida se retiene en la superficie filtrante es necesario evitar que ésta la atraviese y penetre en la superficie hasta atravesarla, ya que constantemente el filtro se encuentra bajo presión por el paso del aire, y ésta puede provocar que el líquido ya retenido vuelva a formar parte del fluido que lo sostenía. (Figura 1.2)<sup>5</sup>

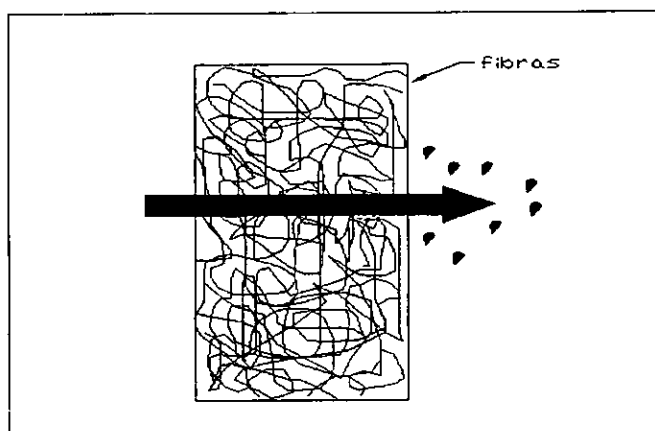


Figura 1.2 La presión con la que entra el fluido hace que las partículas de líquido ya retenidas atraviesen el filtro.

<sup>5</sup>Op. Cit. p. 20-81.

Para evitar esto se pueden seguir diferentes dispositivos:

a) Mantener siempre el líquido en la superficie a través de filtros más cerrados.

b) Disponer un espesor en el medio filtrante de tal manera que antes de que pueda atravesar la partícula líquida escurra por el mismo al depósito que se destina para este propósito. (Figura 1.3)

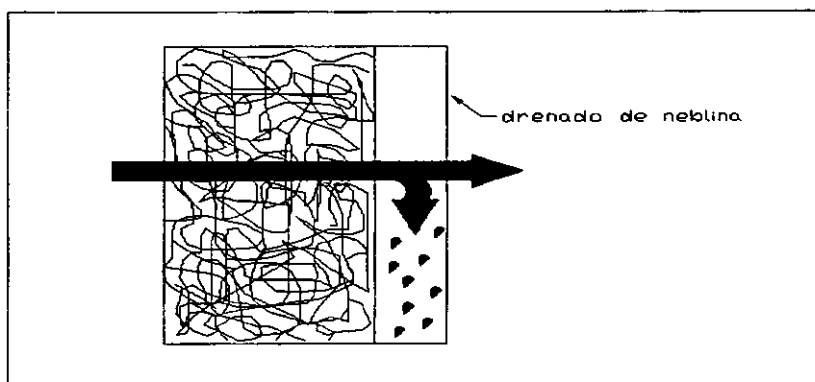


Figura 1.3 La cámara de drenado compuesta de fibras altamente compactadas evita que el líquido atraviese el filtro. El líquido cae por gravedad a un depósito.

### 1.3.3 Remoción de lo colectado en la superficie para su recuperación o confinamiento.

Para este fin se coloca un depósito en la parte inferior de donde se colocan los filtros de acuerdo a la cantidad y características del líquido que se está colectando. En el caso de

separación de líquidos arrastrados por un fluido (aire atmosférico) se drena éste por gravedad hacia el depósito a diferencia de partículas sólidas las cuales se liberan del filtro por mecanismos como la vibración mecánica o aire a presión en contraflujo. (Figura 1.4)

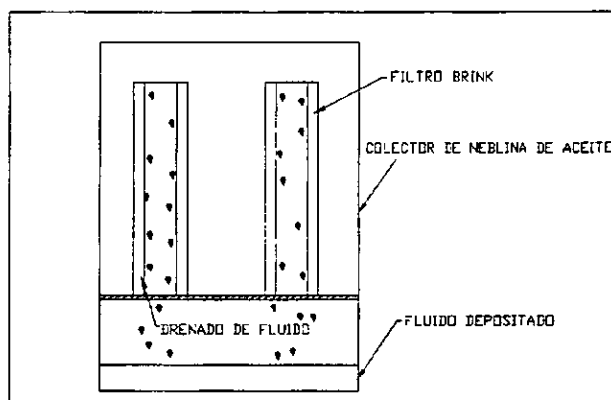


Figura 1.4. Colector de neblina de aceite y depósito de drenado.



#### 1.4 Mecanismos para atrapar partículas líquidas en un fluido.

Los cinco principales mecanismos para atrapar partículas líquidas en un gas son<sup>6</sup>:

- a) Por efecto de la gravedad. Cuando la velocidad terminal de sedimentación es mayor al efecto de la gravedad provocando que la partícula caiga.
- b) Por impacto, el choque con algún medio filtrante. Cuando la partícula tiene un diámetro mayor a los poros o espacios que constituyen al dispositivo de retención.
- c) Por impacto inercial. La partícula viaja dentro del gas y trata de seguir sus líneas de flujo pero debido a su fuerza de inercia, no continúa bajo la influencia de las líneas de flujo y choca con la obstrucción o filtro. Las líneas de flujo se definen como la línea que se genera en la dirección del flujo en cada punto en un momento dado.
- d) Por cargas electrostáticas. El flujo de aire se hace pasar por un ionizador compuesto de celdas metálicas que cargan eléctricamente a las partículas mediante un campo electrostático. Posteriormente las partículas cargadas son retenidas en celdas aterrizadas.
- e) Adsorción. Cuando una molécula es más pequeña que el diámetro de un poro del elemento filtrante, es decir el fluido atraído penetra en la superficie absorbente. El proceso se ejerce a nivel molecular y se presenta en el caso de gases retenidos en una superficie porosa. Un ejemplo típico es el carbón activado, el cuál retiene las moléculas de compuestos orgánicos en estado gaseoso, como en el caso de hidrocarburos ligeros.
- f) Difusión Browniana

---

<sup>6</sup>MONSANTO ENVIRO-CHEM. Brink Mist Eliminators. U.S.A., 1990. Boletín MME-9401.

En el caso específico de partículas más pequeñas menores a 0.3 micras de diámetro presentan un fenómeno especial denominado movimiento Browniano ya que no siguen las líneas de flujo del gas y mantienen un movimiento oscilatorio de aproximadamente diez veces su tamaño.

### **1.5 Movimiento Browniano.**

Este fenómeno fue descubierto por el botánico Brown de quien se deriva su nombre y quien lo observó por primera vez en el polen dentro de un líquido. Al principio pensó que se debía a que el polen era una partícula viva pero posteriormente se dio cuenta que las partículas inertes también lo presentaban. No fue hasta que Einstein describió su naturaleza y mecanismos de funcionamiento.

Brown posteriormente volvió a repetir sus experimentos y concluyó que el fenómeno se presentaba en cualquier tipo de suspensión en la que las partículas contenidas tuvieran dimensiones muy pequeñas menor que 50  $\mu\text{m}$ .; también concluyó que el movimiento era autoanimado. Al mismo tiempo la comunidad científica se enfrentaba a teorías que trataban de explicar fenómenos de la naturaleza. Se pensaba que el calor era una sustancia y se transmitía de un cuerpo a otro, aunque había experimentos que contradecían este pensamiento como la transmisión de calor a través de la fricción en donde parecía que esta era fuente inagotable de calor por lo que se dudaba mucho de dicha teoría.

Entre 1830 y 1840 fue que James Joule pudo demostrar que el calor es una forma de

energía y que se mantiene constante; es decir, la cantidad de calor que desaparece es equivalente a la cantidad energía de otro tipo a la que se transforma. Paralelamente se planteaba la pregunta sobre la composición de la materia, ya que desde la antigüedad muchos pensadores elucubrarón sobre la composición de la materia.

Propiedades físicas de la materia como el calor específico, la conductividad térmica y la viscosidad se podían determinar pero no había una explicación muy certera sobre su relación microscópica. Mientras tanto hacia mediados del siglo XIX se habían formulado muchas hipótesis sobre las causas del movimiento Browniano pero al comprobarlas experimentalmente eran desechadas. En particular se pudo probar que el movimiento no se debía a diferencia de temperaturas ya que se presentaba en cualquier punto del fluido.

El científico Giovanni Cantoni (1865) lo atribuyó a movimientos térmicos en el líquido, y consideró que este fenómeno daba una prueba física de los principios fundamentales de la Teoría Mecánica del Calor. Con esto se refería a que existía una relación directa entre el movimiento y el calor. De esta manera se expresó que el movimiento Browniano estaba ligado con el calor. Por otro lado se decía que las partículas que componían a las sustancias se movían.

También se descubrió que el movimiento de las partículas adquiría mayor vivacidad mientras éstas eran más pequeñas y la viscosidad del fluido que los sostenía era menor. Es decir, que mientras más pequeñas mayor movimiento y si el fluido es cada vez menos viscoso el movimiento aumentará. Podemos decir que si queremos aumentar la actividad Browniana de una partícula en un fluido, debemos fraccionarla lo más posible y aumentar la temperatura del

fluido para disminuir así su viscosidad.

En resumen podemos decir que en los primeros años del siglo XIX no se tenía una clara explicación del movimiento Browniano y además se sumaba a esta situación la falta de aceptación por algunos científicos la hipótesis de la constitución atómica de la materia.

En 1905 Albert Einstein publicó un célebre trabajo en el que propuso la explicación del movimiento Browniano<sup>7</sup>.

En primer lugar las partículas de un fluido no tienen la misma velocidad, sino que muchas velocidades, es decir, una distribución de velocidades. Además estas velocidades pueden ser en todas las posibles direcciones y el número de colusiones que experimenta una partícula es del orden de  $10^{20}$  por segundo.

A pesar de que en cada colisión con un átomo del fluido, una partícula suspendida en él cambia de velocidad en una cantidad extremadamente pequeña. La partícula experimenta un gran número de colisiones y el efecto acumulador resulta apreciable a la vista.

Después de los trabajos de Einstein quedaron muy pocas dudas sobre la realidad de la estructura atómica de la materia. Fue en este momento que el movimiento Browniano pudo demostrar experimentalmente la naturaleza de la materia, que la hipótesis atómica había buscado durante siglos en vano. El movimiento Browniano es una demostración física visible de la actividad atómica y sus manifestaciones como la temperatura, viscosidad, etc.

Este fenómeno abrió otros campos que en la actualidad se siguen explorando como los coloides.

Las condiciones para que se presente el movimiento Browniano son que la partícula

---

<sup>7</sup>ASHTON, Paul, Un Movimiento Zigzageante, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1986, p. 65.

Las condiciones para que se presente el movimiento Browniano son que la partícula Browniana sea unas 300 veces o más grande que la masa de cualquier átomo del fluido. También debe haber transcurrido suficiente tiempo como para que la partícula haya recibido un número grande de impactos de las partículas que componen al fluido.

Bajo estas condiciones la primera fuerza es la viscosa que depende de las propiedades generales de las interacciones entre los átomos que componen al fluido.

La viscosidad es la propiedad de los fluidos (líquidos y gases) definida por el movimiento entre sus porciones adyacentes de resistir el cambio de forma o lugar y se determina en virtud de un coeficiente obtenido del producto de la fuerza por el tiempo dividido por la unidad de superficie el cual disminuye con la temperatura. A mayor temperatura menor viscosidad.

Dentro de un fluido siempre se presentan muchas partículas Brownianas, es decir, que se cuenta con una suspensión de partículas dentro de un fluido. A este tipo de sistemas se les llama coloides.

Existen diferentes tipos de coloides como la gelatina, emulsiones y espumas.

Nuestro punto de estudio son las emulsiones coloidales que presentan un movimiento Browniano. Este es el caso de un líquido como el aceite y el aire atmosférico los cuales no se mezclan a pesar de que exista turbulencia que force su unión. Este tipo de emulsiones presentan partículas submicrónicas que con su movimiento y tamaños presentan el fenómeno Browniano.

Las partículas con movimiento Browniano oscilan en tamaños menores a 0.3  $\mu\text{m}$  y no se mueven uniformemente con las líneas de flujo. Cuando una partícula con movimiento Browniano se aproxima a un medio filtrante su movimiento errático hace que se disperse sobre

el medio quedando atrapada en él.

### **1.6 Componentes de un equipo separador de partículas líquidas de un fluido.**

Existen una gran variedad de equipos para la separación de partículas líquidas de un fluido, pero todos ellos cuentan con partes esenciales que en su conjunto forman un sistema de separación. Los cinco principales elementos de un colector, entendiendo como colector al dispositivo que realiza esta separación, son<sup>8</sup>:

1) Medio filtrante. Es en donde las partículas líquidas quedan atrapadas para su posterior disposición. Generalmente asociamos un filtro con algún tipo de tela porosa pero en realidad puede ser por medios indirectos como cargas eléctricas o por la aspersión directa de otro fluido como el agua. Constantemente se realizan innovaciones en cuanto dispositivos de filtración aunque los más utilizados en la actualidad son los filtros compuestos de fibras sintéticas como la fibra de vidrio. Las exigencias actuales en la industria para mantener el aire que respiramos libre de impurezas han llevado inclusive en algunas ramas, como en la industria automotriz, a certificar cierto tipo de filtros o equipos para su utilización dentro de sus instalaciones.

2) Ventilador. Los ventiladores son parte esencial de un sistema de colección de neblinas de aceite. Se utilizan para desplazar el fluido a través del filtro. Estos deben calcularse con particular precisión ya que de ellos depende la velocidad con la que se desplazan las partículas, y es en base a la velocidad que se logra una correcta retención de los contaminantes. Si por algún descuido el ventilador transporta el fluido con mayor velocidad a la que el filtro fue

---

<sup>8</sup>TORIT DONALDSON. Curso de operación de colectores de neblina de aceite. E.U.A., 1997.

diseñado, entonces las partículas líquidas que deseamos retener lo pueden atravesar, o simplemente éstas no caen por acción de la gravedad al depósito con este fin quedando impregnadas al filtro hasta el punto en que éste se satura y se tapa.

Una vez tapado es difícil hacer que recupere sus características filtrantes, ya que el fluido siempre lleva partículas sólidas además de las líquidas, y éstas quedan dentro del medio filtrante sin la posibilidad de liberarlas ya que cualquier método para lograrlo puede deteriorar la integridad física del mismo. En cambio durante la operación normal estas partículas sólidas son arrastradas por gravedad junto con el líquido a un depósito.

Los principales tipos de ventiladores son los centrífugos de aspas planas o aspas curvas inclinadas hacia atrás. Estos últimos son más eficientes ya que requieren de menor potencia para mover la misma cantidad de aire que uno de aspas planas, pero su costo es mayor.

3) Motor eléctrico. Es el medio que da movimiento a las aspas del ventilador y su potencia depende directamente de la cantidad de aire que maneja el sistema y de la oposición que ofrece el mismo al paso del fluido. Esta oposición la conforman el filtro y la ductería por la que viaja el fluido.

4) Recipiente donde se contienen los filtros y las partículas líquidas colectadas. Aquí es en donde se alberga el elemento filtrante y sus dimensiones dependen de la cantidad de aire que maneja el sistema y la velocidad con la que el fluido que contiene las partículas líquidas debe tener contacto con el filtro. También aquí se deposita el líquido colectado y debe tener el espacio suficiente para contener por lo menos un día de líquido recolectado.

Esto es con el propósito de no vaciar el equipo durante su operación. En algunos

dispositivos el líquido recolectado se recircula de manera constante al sistema o a un depósito de deshecho.

5) Sistema de control. El equipo para su buen funcionamiento requiere de dispositivos periféricos para determinar en todo momento la operación. El principal de estos elementos es el arrancador, el cual energiza el motor eléctrico para desplazar las aspas del ventilador y mover el fluido a través del filtro. Este debe contar con protecciones eléctricas como fusibles, termomagnéticos y un relevador de sobrecarga para proteger al motor en una posible eventualidad. Los principales problemas por los que puede pasar un motor eléctrico son fallas a tierra de una de las fases, rotor bloqueado por daño en baleros, corto circuito y sobrecorriente. Es por esto que las protecciones mencionadas deben cumplir con los códigos eléctricos y de fabricación locales.

También es necesario monitorear la operación de los filtros. En la mayoría de los casos es mediante un manómetro, el cual mide el diferencial de presión del equipo antes y después de que el fluido pase a través de los filtros. En caso de que el medio filtrante sea un líquido, éste se monitorea mediante un controlador de PH para mantener el sistema bajo condiciones óptimas. El PH depende del líquido retenido pero su control debe buscar mantener el nivel en siete. Dependiendo de la complejidad del sistema puede contar con sistemas contra incendio, compuertas automáticas controladas por un PLC y ventilación explosiva entre otros.



### 1.7 Pruebas adoptadas para determinar la eficiencia de un filtro.

Los métodos establecidos para proporcionar al usuario la eficiencia del filtro basada en el tamaño de la partícula son ASHRAE Arrestance, ASHRAE Efficiency y DOP<sup>9</sup>.

En la prueba ASHRAE Arrestance se alimenta al filtro 72% de polvo para pruebas estandarizado en tamaño y cantidad, 23% de negro de humo (polvo negro orgánico utilizado en la fabricación de hule) y 5% de pelusa de algodón. Después se hace pasar el material por el elemento filtrante a las condiciones de velocidad especificadas por el fabricante de acuerdo a su experiencia y cálculos de velocidad terminal. La eficiencia por peso en esta prueba en específico es la ASHRAE.

En las pruebas de eficiencia por peso es importante tomar en cuenta que las partículas pequeñas pueden tener un menor peso comparado con la mayoría de las partículas, por lo que el valor numérico de esta prueba es significativo y se debe tomar en cuenta también con las características de las partículas que requieren retener en el filtro. Por ejemplo, si estamos manejando una concentración de partículas con diferentes tamaños y dimensiones en donde el peso de las más grandes equivale al 99% del total, la prueba arrojará una alta eficiencia para el filtro ya que las partículas pequeñas son de poco peso, en cambio si todas las partículas tienen más o menos el mismo tamaño, el valor de la eficiencia será más representativo.

Una prueba fraccionaria es más exacta ya que es por conteo de partículas como en la prueba DOP.

---

<sup>9</sup>COMITTEE ON INDUSTRIAL VENTILATION, Industrial Ventilation, vigésimo segunda edición, Ed. American Conference of Governmental Hygienist, Inc. , Cincinnati, Ohio 1995, p.3-15

La prueba ASHRAE Efficiency es la habilidad del filtro para evitar manchas o decoloración. Es determinada por el coeficiente de reflexión del filtro medido en un aparato para este fin. Se utiliza polvo atmosférico para esta prueba.

En una prueba DOP, partículas de 0.3  $\mu\text{m}$  de dioctilfalato (dioctylphthalate DOP) se hacen pasar por un filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air). La eficiencia se determina comparando la cantidad de partículas que atraviesan el filtro. Para que un filtro se designe como HEPA el filtro debe tener por lo menos una eficiencia de 99.97%, solamente tres partículas de 0.3  $\mu\text{m}$  de tamaño pueden pasar por cada 10,000 partículas alimentadas al filtro. A diferencia de las dos pruebas ASHRAE, la DOP es no destructiva, así que es posible reparar fugas y volver a probar un filtro que ha fallado.

Esta prueba es comúnmente realizada en la industria farmacéutica para validar la eficiencia de los filtros utilizados. Una fuga de un filtro en este tipo de industria puede representar graves daños a la salud en el caso de fabricación de vacunas o antibióticos.

La vida de los filtros de alta eficiencia es importante ya que éstos suelen tener un alto costo por lo que es necesario poner varias etapas de menor eficiencia antes del filtro HEPA para evitar saturarlo rápidamente. Este tipo de filtros no se pueden limpiar por medios mecánicos ya que se deterioran con facilidad.

## **CAPITULO 2**

# **PROBLEMÁTICA**

## PROBLEMATICA

### 2.1 Análisis del problema.

Durante el proceso de manufactura de grasa en la fábrica de Roshfrans en Actopan, Hidalgo son utilizados como materias primas aceites derivados del petróleo como parafínicos, nafténicos, aromáticos, sosa cáustica, sebo y agua entre otras. Todos los componentes se mezclan mecánicamente mediante un agitador y reaccionan mediante temperatura dentro de una olla de un metro con sesenta centímetros de diámetro y un metro con treinta centímetros de altura(Figura 2.1).



Figura 2.1 Agitador de aspas para la mezcla de materias primas.

Las instalaciones cuentan con ocho ollas iguales. El proceso dura aproximadamente seis horas con rangos de temperatura que van desde  $28^{\circ}\text{C}$  y gradualmente sube hasta  $220^{\circ}\text{C}$ . Después de las primeras tres horas la temperatura alcanza  $170^{\circ}\text{C}$  y las condiciones de operación son propicias para que se produzca un intercambio molecular entre el aire atmosférico y el líquido en las ollas puesto que la temperatura promueve la capacidad del aire para sustentar las partículas de aceite generadas por evaporación. Como resultado se observa una neblina de aceite color blanco que asciende e invade el área de trabajo. Se dificulta la visibilidad y se respira dentro del área con dificultad (Figura 2.2).

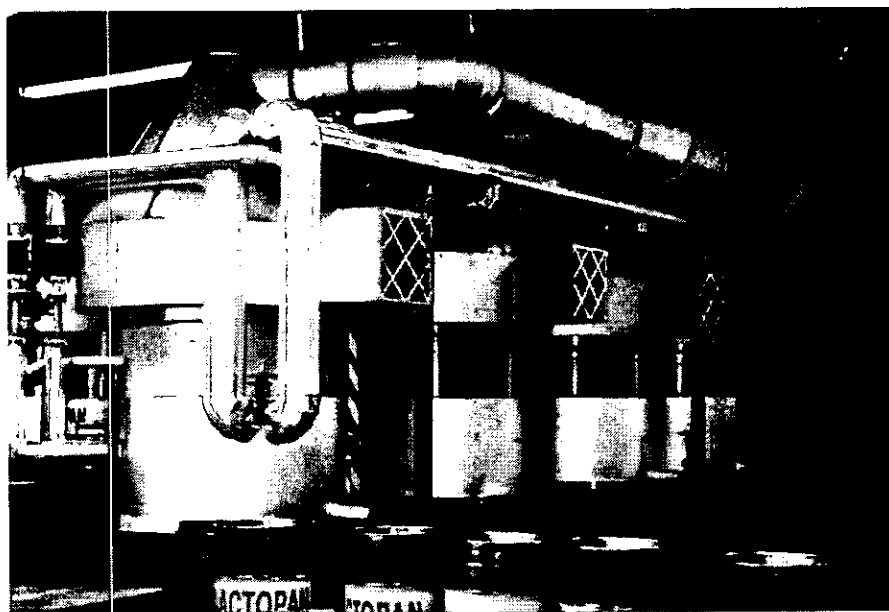


Figura 2.2 Ollas de proceso.

Durante el proceso no se alcanza el punto de evaporación del aceite, sin embargo, el incremento gradual en la temperatura permite una evaporación parcial y al momento de entrar en contacto con la atmósfera se condensa en gotas submicrónicas menores a 7 micras. El resultado es una nube densa de aceite ascendente. Esta neblina se genera con mayor severidad conforme aumenta la temperatura envolviendo toda el área de trabajo y alcanzando el punto de equilibrio para la evaporación A 220°C.

Es importante ventear la nube de aceite generada ya que si ésta permanece cerca de la olla pone en riesgo la fabricación de la grasa.

Esto se debe a la capacidad aislante que tiene la grasa. La nube de aceite que se forma en la parte superficial mantiene una alta temperatura que puede llegar a quemar el producto.

Cada una de las ocho ollas cuenta con una campana de extracción las cuales se unen entre sí mediante ductos redondos hasta llegar a un ventilador. Después del ventilador se tiene instalado un lavador de gases.

Para poder calentar las ollas se utilizan quemadores de gas de baja eficiencia (Figura 2.3). El quemador utilizado no cuenta con control de flama o inyección de aire para mejorar la combustión de gas.

Los gases de combustión ascienden y se incorporan al sistema de ventilación para después ser emitidas a la atmósfera. Los gases de combustión tienen una temperatura de 60°C. Durante la extracción de los vapores de aceite por el sistema de succión, estos se incorporan dentro de la misma corriente de aire, lo que hace que la temperatura se mantenga lo suficientemente alta para conservar las partículas de aceite evaporadas en un tamaño submicrónico y evitan que se

condensen para ser atrapadas dentro del filtro.

A mayor temperatura menor es el tamaño de partículas y más difícil es poder filtrarlas.

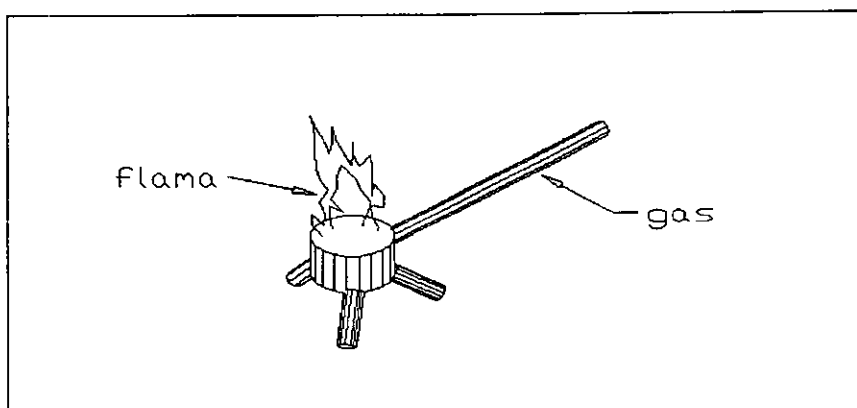


Figura 2.3 Quemador de gas de baja eficiencia.

Estas partículas submicrónicas presentan el denominado movimiento Browniano.

Se incurre en tres puntos de suma relevancia a saber:

- No se cumple con las disposiciones reglamentarias en materia de emisiones a la atmósfera.
- Se merma la productividad y salud de los trabajadores.
- Se afecta a terceros ya que la fábrica se encuentra en una zona poblada.

El Sistema Jurídico Mexicano en materia ambiental tiene como fundamento legal a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual faculta al Congreso de la Unión para dictar leyes con el propósito de preservar y proteger el medio ambiente. La regulación, promoción y vigilancia del cumplimiento de la Normatividad Ambiental la lleva a cabo la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). De aquí que se cae en el incumplimiento de la Norma Oficial Mexicana para puntos fijos de emisiones a la atmósfera. Además los quemadores de gas para calentar las ollas son de muy baja eficiencia, los cuales producen altos índices de contaminación debido a que no queman el combustible al 100%.

## **2.2 Soluciones alternativas.**

La tecnología actual para el tratamiento de neblinas de aceite dentro de un fluido se encuentra en desarrollo constante. Todos los años se realizan esfuerzos científicos por conocer mejor los mecanismos para separar estas dos sustancias de manera rápida y eficiente. Prueba de ello es el esfuerzo que han realizado las empresas del ramo automotriz al exigir mejores condiciones de trabajo para los obreros que se encuentran trabajando en áreas productivas donde se generan neblinas de aceite. Las marcas de equipos que tratan este problema han sido comparados y evaluados en su desempeño para así certificar aquellos equipos con mejores cualidades de filtración, mantenimiento, costo y tamaño.

Es así como se tomó como primera alternativa el equipo de cartuchos como medio



filtrante, y a pesar de que no pudo solucionarse el problema, siendo un equipo certificado y de alta eficiencia, se buscaron otras opciones. Teniendo como antecedentes los resultados del laboratorio se buscaron equipos que pudieran atrapar partículas submicrónicas ( $5\mu\text{m}$ ) con alta eficiencia.

Se han desarrollado comercialmente tres tipos de filtros o equipos capaces de atrapar este tamaño de partículas:

- A) Lavador de gases tipo Venturi
- B) Precipitador Electrostático
- C) Filtros Brink
- D) Colector de cartuchos

### **2.2.1 Lavador de gases tipo Venturi**

El lavador de gases tipo Venturi depende para su eficiencia en la velocidad del fluido en el Venturi y de la presión. Para lograr una buena eficiencia en partículas submicrónicas de 1 a 0.5 micras, la presión debe superar las 508 milímetros columna de agua de presión. Otro factor importante es la solubilidad del agua con el fluido a recolectar y en nuestro caso el aceite no tuvo buena afinidad. Esto complicó las cosas e hizo ineficiente el sistema. Es importante analizar este equipo y sus características ya que fue un lavador de gases el que se utilizó como solución durante muchos años como la mejor alternativa.

En el caso de Roshfrans el colector que se utilizó vía húmeda tenía una baja presión en la

zona donde la neblina de aceite y el agua entran en contacto. Debido a esto el área de contacto entre ambos fluidos es muy baja y en muchos casos nula causando una alta ineficiencia del colector para atrapar el aceite en forma de neblina.

En un colector tipo Venturi de alta eficiencia el fluido entra dentro de una cámara para después sufrir una fuerte aceleración en un Venturi. En este punto se hace chocar el fluido entrante con agua atomizada en contra flujo para que ésta se mezcle con el contaminante que queremos quitar del aire.

Dentro de los avances tecnológicos más recientes se cuenta con el lavador de gases que aprovecha una zona de choque denominada área espumosa (Froth Zone). El fluido entrante tiene una temperatura mayor a la temperatura del fluido con el que entra en contacto en sentido contrario y a alta velocidad. El choque térmico y de velocidades encontradas forma una turbulencia muy fuerte de alto contacto entre el contaminante dentro del fluido y el líquido aplicado. En estas condiciones el líquido lavador se atomiza en pequeñas partículas sin la necesidad de tener un alto incremento en la presión. El mecanismo físico de colección es el impacto y varían las configuraciones de estos equipos de acuerdo a la eficiencia y tamaño de partícula a remover de la corriente de aire. (Figura2.4)

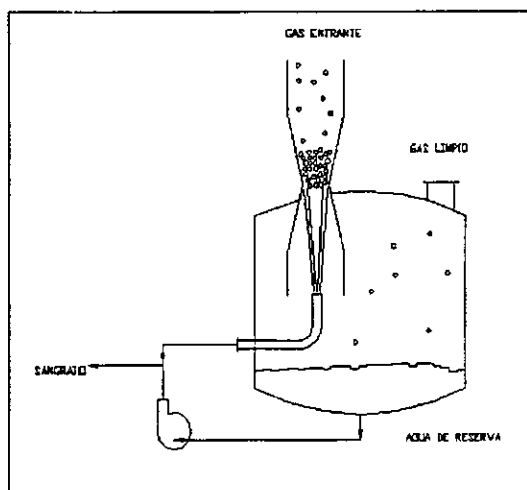


Figura 2.4 Lavador de gases tipo Venturi.

Algunos de los lavadores llegan a tener hasta cuatro regiones de choque para lograr la eficiencia deseada. Estos equipos funcionan muy exitosamente en aplicaciones donde el contaminante a remover es soluble en agua y cobra una importante ventaja para sustancias corrosivas ya que se pueden fabricar en plásticos resistentes.

Este colector tiene la desventaja de requerir mucha energía para poder retener partículas submicrónicas (más de 508 mm. C.A. de caída de presión) por lo que su construcción debe ser robusta. Además el contaminante se debe poder mezclar con el agua y aunque casi todo se

puede disolver en el agua, el aceite en este caso, no es muy soluble en agua. Aunado a esto el costo del equipo es elevado comparado con un filtro vía seca (sin utilizar agua) y se requiere de agua constantemente para su operación y en la fábrica de Roshfrans no se obtiene de manera abundante por lo que se desechó como una solución al problema.

### **2.2.2 Precipitador Electrostático.**

El precipitador electrostático es utilizado frecuentemente en la industria y reconocido por su alta eficiencia. Su principio de operación es la conducción inductiva. Este proceso se da cuando una partícula que inicialmente no tiene ninguna carga o polaridad pasa por una zona polarizada. Después de recorrer un determinada distancia la partícula entrante se polariza y pasa a una sección de celdas ionizadas con una carga contraria para poder retener la partícula polarizada. Los hay de varias etapas principalmente para partículas de baja conductividad con el objeto de aumentar la eficiencia de colección. Al igual que en el lavador de gases, el precipitador electrostático utiliza un ventilador para poder hacer pasar el flujo de aire a través de sus celdas. Sin embargo, la presión estática requerida es muy baja (25.4 mm. C.A.) ya que el aire no tiene obstáculos que librar como el caso del filtros o chorros de agua en contra flujo.

Una de sus principales desventajas son sus celdas de carga para ionizar la corriente de aire entrante. Para ionizar requiere de un alto diferencial de potencial así como un alto consumo de corriente eléctrica comparado con el resto de los equipos. Conforme el tiempo de operación pasa, las mallas metálicas que retienen el contaminante se saturan y por coalescencia se limpian

y drenan el líquido retenido, es decir, van juntando partículas submicrónicas hasta que se forma una pequeña gota de aceite que por gravedad se desprende del filtro y cae a un depósito destinado para este fin. Sin embargo siempre se queda una película de aceite capturado en las celdas de carga, lo que demerita la eficacia para ionizar las partículas dentro del fluido.

Es por esta razón que su capacidad de retener partículas submicrónicas disminuye con el tiempo, y para poder mantener una alta eficiencia se requiere limpiar periódicamente. Esto se traduce en pasos de proceso para limpiar el equipo, además las celdas de carga son delicadas en su manejo y se pueden dañar con facilidad ya que están compuestas de numerosas láminas delgadas integradas a una matriz de delgados alambres, son de aspecto similar a los radiadores para automóviles. Además el contaminante a tratar es aceite sin diluir, lo que representa un alto riesgo de incendio en caso de presentarse una chispa. Es común que los transformadores internos del equipo se deterioren con el tiempo y al degradarse el barniz que aísla los cables conductores se produce una chispa pequeña causando un incendio que puede ser grave debido al aceite que maneja el colector.

Actualmente los fabricantes, en la búsqueda por mejorar la eficiencia y condiciones de mantenimiento para los precipitadores electrostáticos, han elaborado un sistema integrado de limpieza para celdas compuesto de aspersores y toberas que liberan una solución jabonosa aplicada a presión para lograr limpiar las celdas. En este proceso se contamina el agua, además no se logra limpiar al 100% las celdas y sólo se recupera parcialmente la eficiencia inicial. Los equipos que cuentan con este tipo de sistemas deben instalarse en fábricas con planta de tratamiento de aguas para poder reciclarla y eliminar las impurezas que adquiere durante el

proceso de limpieza a un bajo costo.

### **2.2.3 Filtros Brink.**

Los filtros denominados Brink (Brink fiber bed mist eliminator) son dispositivos fabricados en muy diversas configuraciones. Generalmente, fibras de vidrio y polipropileno son orientadas de manera aleatoria en una cama de fibras densamente empacadas quedando espesores desde 25.4 a 152.4 milímetros. Se han desarrollado en la actualidad unidades de filtros con eficiencias de hasta un 99.9% en partículas submicrónicas. Este filtro es excelente para remover partículas en forma de neblina dentro de un fluido.

Su principio de operación es dirigir la corriente de aire que contiene la neblina de manera horizontal a una cama de fibras. Las partículas se colectan en fibras muy pequeñas en forma individual por medio de tres mecanismos:

1.- Impacto

2.- Intercepción

3.- Difusión Browniana

Posteriormente las partículas líquidas recolectadas se unen para formar gotas más grandes

y precipitarse por acción de la gravedad. Los filtros se colocan en un tanque en donde el aceite líquido se drena y recupera constantemente. Se fabrican tres principales tipos de filtros. El primero está diseñado para atrapar neblinas producidas por procesos que atomizan mecánicamente un líquido y tienen una eficiencia de un 100% en partículas de  $3\mu\text{m}$ . El segundo tipo de filtro es de alta velocidad y se utiliza para dar una eficiencia moderada en partículas de  $1\mu\text{m}$ . Estos dos tipos de filtros son construidos en forma de paneles planos de 2 pulgadas de espesor. El tercer filtro es de alta eficiencia y mientras atrapa las partículas éstas se unen entre sí por coalescencia formando una película líquida que moja las fibras. El líquido atrapado se mueve a través del filtro horizontalmente debido a la velocidad del aire y hacia la parte inferior del filtro por gravedad. Se drena el filtro por el centro mediante una malla metálica hasta su parte más baja y lo recolectado se regresa al proceso por medio de un sello líquido.

El principal uso de estos filtros es en las plantas productoras de ácido sulfúrico y para diferentes gases de refinación.

Durante el proceso de filtración de corrientes de aire el filtro también retiene las partículas sólidas de polvo que hay en el medio ambiente. Los fragmentos de polvo acumulados en el filtro son los que disminuyen la vida útil del filtro tapando las fibras, no obstante las fibras duran en la mayoría de las aplicaciones hasta diez años en operación sin mantenimiento alguno.

(Figura 2.5)

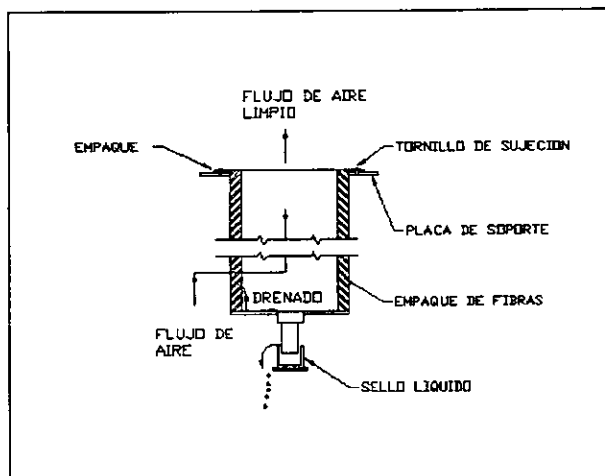


Figura 2.5 Filtro tipo Brink de Monsanto Company.

Tabla 2.1 Características operativas de varios tipos de filtros para neblinas de aceite tipo Brink utilizados en plantas de ácido sulfúrico<sup>11</sup>.

	ALTA EFICIENCIA	ALTA VELOCIDAD	ATOMIZADO
MECANISMO DE CONTROL	MOVIMIENTO BROWNIANO	IMPACTO	IMPACTO
VELOCIDAD SUPERFICIAL M/S	0.075-0.20	20-25	20-25
EFICIENCIA EN PARTICULAS MAYORES A 3 MICRAS, %	100	100	100
EFICIENCIA EN PARTICULAS DE 3 MICRAS Y MENORES, %	95-99	90-98	15-30
CADA DE PRESION EN CM. COLUMNA DE AGUA	13-38	15-20	10-25

<sup>11</sup> PERRY, H. Robert, Perry's Chemical Engineers Handbook, sexta edición, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A., 1984. p. 18-.



#### 2.2.4 Colector de cartuchos

El colector de cartuchos es un equipo de muy alta eficiencia (99.99% en partículas de 3.2  $\mu\text{m}$ ). Su principal aplicación es dentro de los procesos de maquinado para atrapar las partículas del líquido de corte que se alcanzan atomizar debido a las altas revoluciones a las que gira la pieza o el herramental que se utiliza. Su objetivo es evitar que el líquido atomizado lo respire el operador y se disperse en la planta causando severos daños a los circuitos electrónicos y riesgos de trabajo. El colector tiene dos componentes principales. El primero es una malla metálica que evita que los residuos metálicos del maquinado ingresen al equipo. El segundo es el filtro de cartucho el cual regresa el aceite recolectado a la máquina para ser reutilizado. (Figura 2.6)

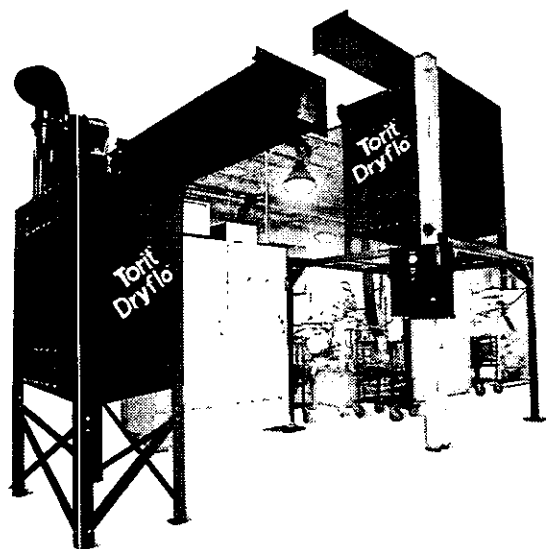


Figura 2.6 Colector de cartuchos instalado en centro de maquinado.

### 2.3 Efectos adversos

De acuerdo a estudios toxicológicos los derivados del petróleo con efectos más nocivos para la salud son los hidrocarburos aromáticos ya que algunos de ellos actúan como tóxicos agudos y tienen actividad carcinogénica<sup>10</sup>.

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por cadenas de hidrógeno y carbono. En general son insolubles en agua y más ligeros que ella, y se disuelven bien en sustancias orgánicas como el éter. Los hidrocarburos aromáticos normalmente se encuentran en estado líquido y su propiedad de arder y descomponerse en dióxido de carbono y vapor de agua en presencia de suficiente oxígeno, para desprender gran cantidad de calor, los hace aptos para ser combustibles.

En la actualidad, el cáncer es una de las causas más importantes de mortalidad en el mundo. Además se ha comprobado que entre un 70 y 80% de los casos son favorecidos por las condiciones ambientales. Sólo un 2% es de origen genético y un 20% ocurren en ausencia de influencias ambientales y genéticas evidentes.

En nuestro caso gran parte de los compuestos que conforman la grasa son hidrocarburos aromáticos de muy baja viscosidad. La toxicidad de los hidrocarburos para los seres humanos depende directamente de la viscosidad.

La inhalación de productos de alta viscosidad como grasas y aceites (150-250 centipoises), no presenta riesgo, pero los productos de menos de 30 centipoises de viscosidad

---

<sup>10</sup> ALBERT, Lilia, Toxicología Ambiental, segunda edición. Ed. Compañía Editorial Continental. México, 1980, p.180.

afectan al pulmón. La ingestión de productos derivados de la destilación del petróleo en cantidades de 1 ml/kg de peso corporal causa vómito, irritación de las membranas mucosas, depresión del sistema nervioso central, cianosis, taquicardia, albuminaria, hematuria, daños hepáticos y arritmias cardíacas. La ingestión de 10 ml/kg de peso corporal produce la muerte. En la piel causa una acción desengrasante produciendo dermatitis.

El efecto en el hombre depende directamente del estado físico, así como de las características fisiológicas propias de cada persona. Es por esto que los más afectados son los niños, ancianos y enfermos, los cuales son más sensible al ambiente que los rodea ya que su sistema inmunológico se encuentra en desarrollo o mermado por la edad. Sin embargo, estudios realizados presentan un alto índice de casos de mortalidad por cáncer en personas que se encuentran en contacto diario con este tipo de productos independientemente de sus condiciones físicas.

## **2.4 Impacto ambiental**

En el caso de la fábrica de grasas Roshfrans en Actopan, Hidalgo el problema es bastante grave ya que la empresa se encuentra localizada en una zona poblada y rodeada de casas con familias compuestas por menores de edad. Además las condiciones climatológicas de la zona no favorecen a la dispersión de las emisiones, sino al contrario, provoca que los contaminantes permanezcan en un nivel donde la población afectada lo respira directamente.

Los síntomas inmediatos son el dolor de cabeza, irritación de las mucosas y olores

picantes característicos de los hidrocarburos.

El riesgo que esta operación representa a la población es muy alto y fácilmente puede proceder una clausura de la empresa.

Se han recibido constantes protestas por los vecinos que se han organizado y exigido una solución a través de sus representantes ante el municipio.

Por otro lado el método utilizado para filtrar requería de agua, la cual se impregnaba de residuos de hidrocarburos. Para poder cambiar el líquido utilizado como medio filtrante se le trataba químicamente con fluoculantes, los cuales permiten la sedimentación de los contaminantes para formar lodos y limpiar el agua por decantación. Este tratamiento requiere de soluciones químicas costosas que no logran una purificación completa del agua. Posteriormente el agua se tira al drenaje y se vuelve a llenar el tanque. En consecuencia se contamina el agua y se fomenta el uso de productos químicos adversos al medio ambiente, principalmente al agua, y que ponen en riesgo la salud de la persona que los maneja. Inclusive los llamados biodegradables consumen el oxígeno disuelto en el agua para su degradación provocando condiciones adversas para la sustentación de la vida acuática en cualquiera de sus formas.

## **2.5 Soluciones temporales adoptadas**

En un esfuerzo por mejorar las condiciones de trabajo y de la comunidad en general, se instalaron por parte de la empresa dos sistemas de colección de humo (uno para cada cuatro

ollas) que constaban de un tanque cilíndrico de seis metros de altura y tres metros de diámetro con un filtro interno a base fibras sintéticas. El recipiente tenía cinco bombas de agua y aspersores que rocían el interior del tanque. Mediante un sistema de ductos y un ventilador centrífugo, con un motor de veinte caballos de potencia, se extraían los gases de combustión del sistema de calentamiento y el humo de las ollas, y se hacían pasar por el interior del tanque con el objeto de filtrar la corriente de aire.

Otra de las formas de tratar de dispersar los contaminantes fue a través de la chimenea. Esto se logra aumentando la altura de la misma con el objeto de que las rafagas de viento a mayor altura dispersen los contaminantes. Esta práctica es de las más antiguas pero requiere de un tratamiento serio para obtener resultados. Es importante conocer las condiciones climatológicas del lugar, así como temperaturas y el factor de concentración a nivel de piso (GLC ground level concentration). El contaminante generado no contaba con las características físicas para aplicar esta teoría.

Como resultado se obtuvo una extracción en un ochenta y cinco por ciento de los gases generados dentro de la nave de proceso y una filtración sumamente ineficiente. Pareciera como si el mismo humo que entraba por los ductos salía por la chimenea del equipo de filtración. Además la salida de la chimenea no se podía considerar como un factor que ayudara a la dispersión de los contaminantes ya que los efectos del mismo se mantenían.

La empresa realizó varios intentos por eficientizar la filtración sin ningún éxito. De acuerdo a los ingenieros involucrados con el problema, ésta data de alrededor de treinta y cinco años sin resultados satisfactorios.

Los intentos por solucionar el problema no dieron resultados, debido a que no se siguieron los pasos fundamentales para el tratamiento de un problema de esta naturaleza, los cuales discutiremos a lo largo de este trabajo. Además es importante mencionar que los avances tecnológicos en la actualidad han obligado a las empresas a especializar a su gente en sus funciones y que por lo mismo no se deben desviar el objetivo de cada una de ellas. Es decir, a lo largo de los procesos productivos se suscitan problemas y necesidades que se deben tratar y solucionar por especialistas en el ramo. Es muy común en la práctica que los departamentos de ingeniería y mantenimiento solucionen todos los problemas, sin embargo, la falta de conocimiento en ciertos casos terminan en inversiones mal hechas y fracasos. Los departamentos deben abocarse exclusivamente a su función y coordinar los casos especiales a empresas especializadas. Es fácil detectar cuando necesitamos ayuda de especialistas ya que generalmente no sabemos cómo solucionar el problema o tenemos muchas alternativas y carecemos de los conocimientos para reconocer la más adecuada.

Finalmente Roshfrans optó por consultar una empresa dedicada a solucionar problemas de contaminación ambiental. La empresa invitó a consultores para resolver el problema con cierto prestigio y experiencia en la industria, para después elegir el candidato que ofreciera las mejores garantías para resolver el problema.

Paralelamente se cambió el sistema de combustión directa de gas natural para calentar las ollas. En su lugar se instaló un sistema con un quemador de gas de alta eficiencia en el que los gases de combustión no se transmiten al sistema de extracción de neblina. Este quemador calienta las ollas indirectamente a través de un serpentín que se calienta dentro de una cámara

de combustión. Dentro del serpentín hay aceite para que éste sea el fluido para la conducción del calor. El aceite ya caliente se bombea hacia las ollas mediante una tubería aislada térmicamente para evitar la pérdida de poder calorífico. Dentro de la olla se coloca otro serpentín por donde pasa el aceite caliente y por conducción se transmite calor a la grasa para su fabricación. Este sistema de calentamiento ayuda a mejorar las emisiones de Nox y Sox ya que el quemador logra una combustión completa del gas. Además los gases de combustión se controlaron dentro de la caldera y no a través del lavador de gases con el que se contaba. Este cambio permite que la temperatura de la neblina de aceite que se ventila de las ollas sea menor que antes ya que de los gases de combustión se conducían por el mismo medio incrementando la temperatura.

Otro aspecto importante que se logró fue aprovechar más el poder calorífico de la combustión ahorrando así en combustible y disminuyendo la contaminación en este rubro.

## **2.6 Primera solución seleccionada.**

Después de cambiar el sistema de calentamiento y elegir una compañía para solucionar el problema se incurre en una relación costo-beneficio para llegar al fin deseado de evitar la contaminación; por lo que primero se realizaron pruebas sólo en dos ollas pequeñas.

El equipo que se propuso por primera vez fue un colector de neblinas de aceite de tipo cartucho. Este equipo tiene una alta eficiencia de colección de partículas de hasta  $3.2 \mu\text{m}$ . Además este tipo de filtros aumenta su eficiencia con respecto al tiempo de operación y

recupera el aceite atrapado en él. El medio de limpieza para el cartucho es por coalescencia, es decir, va atrapando el aceite atomizado en la corriente de aire y se van juntando partículas hasta llegar a un tamaño que permite que por acción de la gravedad se precipiten. En este momento no se contaba con un análisis de las partículas contenidas en la nube de aceite generada por el proceso.

Las empresas que concursaron para solucionar el problema tenían que ofertar una solución con su correspondiente costo y no estaban dispuestas a pagar un monitoreo de emisiones sólo para cotizar. En la práctica esta situación es siempre latente.

Teniendo estos puntos en consideración la empresa contratada que colocó el equipo de cartuchos realizó su instalación basándose en las características que aparentemente presentaba la neblina de aceite.

Una vez instalado el sistema se realizaron pruebas para ver su efectividad. Desgraciadamente el equipo no recuperaba las emisiones de aceite y ésta pasaba a través del filtro. Los resultados consternaron ambas partes, tanto a la empresa Roshfrans como a la empresa contratada. Estando conscientes de que el problema era complicado la empresa permitió seguir realizando pruebas para su solución.

#### **2.6.1 Análisis del problema en la primera solución seleccionada.**

Una vez que el equipo de cartuchos no funcionó se determinó realizar una prueba de laboratorio para determinar las características de la neblina de aceite. La primera duda que



surgió fue si realmente la neblina eran partículas líquidas submicrónicas o realmente el aceite se evaporaba y formaba un gas mezclado con el aire.

Utilizando el mismo colector de cartuchos se le colocó alrededor de cada filtro una tela de aglomerado conocida como filtro absoluto. Esta tiene la capacidad de retener cualquier tipo de partícula que lleve el aire excepto gases cuyas dimensiones son menores a  $0.01\mu\text{m}$ .

Esta tela sólo es para realizar pruebas ya que se satura rápidamente y se tapa; por lo que no tiene un uso práctico continuo.

El filtro absoluto se colocó alrededor de los cartuchos de tal manera que el aire con la neblina de aceite pasara a través de él. Durante la prueba el aire que pasaba atravesando el filtro absoluto quedaba libre de aceite. Esto significa que la corriente de aire llevaba partículas submicrónicas menores a tres micras, razón por la cual el colector de cartuchos no las retenía. Además se desechó la idea de que la corriente de aire estuviera compuesta de vapores de aceite y no partículas líquidas suspendidas.

Como siguiente paso se envió la tela de filtro absoluto a analizar dentro de un laboratorio para poder determinar las características de la neblina de aceite retenida.

Los resultados del laboratorio se fotografiaron con microscopio electrónico y determinaron que el tamaño de partículas eran menores a  $15\mu\text{m}$  y mayores a  $0.01\mu\text{m}$ . También se reportó una alta concentración de aceite retenida en el filtro. Estos datos explican por qué el colector de cartuchos no funcionó debido a que el principal uso de este equipo es para neblinas de aceites generados durante los procesos de corte con tornos, fresadoras, generadoras de engranes, entre otros; en donde las partículas son mayores a  $25\mu\text{m}$ .

Se fotografiaron las partículas en el filtro y en su mayoría eran menores a  $5\mu\text{m}$  por lo que el filtro a utilizar debe ser de alta eficiencia en este tamaño de partículas. Además es importante mencionar que la principal característica física es el movimiento en zigzag dentro del fluido que las contiene conocido como movimiento Browniano.

También se realizó el intento de desviar los gases de combustión del quemador para calentar la olla. Estos gases entraban al sistema de extracción y desfavorecían a la condensación de partículas. Mientras menor era la temperatura dentro del colector de neblinas de aceite, mejor era la captación del contaminante. Esto se debe a que la neblina de aceite se condensa en partículas de mayor tamaño al enfriarse el aire.

El medio filtrante a utilizar tenía que ser de alta eficiencia en partículas submicrónicas.

# **CAPITULO 3**

## **DESARROLLO**

## DESARROLLO

### 3.1 Cuadro comparativo

A continuación podemos ver un cuadro comparativo de acuerdo a las características de cada equipo. Es importante mencionar que este cuadro representa las ventajas más significativas que se deben considerar para la selección de un equipo. Empero, es importante las referencias en cuanto aplicaciones de equipo que el fabricante puede proporcionar, así como garantías de eficiencia, funcionamiento, prestigio y reconocimiento de la marca que representa.

	EFICIENCIA	\$ DE OPERACION	\$ DE EQUIPO	RECUPERAR ACEITE
LAVADOR DE GASES	99.97%	MUY ALTO	MUY ALTO	NO
PRECIPITADOR ELEC.	99.99%	ALTO	MUY ALTO	SI
FILTROS BRINK	99.99%	MODERADO	MODERADO	SI

Se eliminaron las cantidades numéricas ya que éstas varían con el tiempo.

La eficiencia en los tres equipos es alta (99.95%) sin embargo el costo varía en especial en nuestra aplicación ya que el lavador tipo Venturi y el precipitador se tienen que comprar completos con todos sus accesorios, y en el caso de los filtros tipo Brinks sólo se requiere de un tanque en donde se puedan colocar. La compañía Roshfrans ya cuenta con él, debido a que dentro de estos tanques es donde se realizaba el lavado de los gases pero sin éxito. El contar ya con los tanques disminuye significativamente los costos.

En cuanto al costo de mantenimiento como ya se describió anteriormente, el precipitador

electrostático requiere de una limpieza periódica para mantener su eficiencia alta.

El lavador Venturi necesita de cambio de agua en cuanto éste se satura de aceite y en Actopan, Hidalgo el agua no es un recurso abundante. Sumado a esto el costo de limpieza del agua antes de enviarla al drenaje es muy alto cuando no se cuenta con una planta tratadora de agua.

El colector con filtros Brinks no requiere mantenimiento en un lapso de tiempo de 10 años. El consumo de energía en el lavador tipo Venturi es alto por la presión que requiere para lograr una alta eficiencia, en el precipitador electrostático es elevado ya que requiere de una alto diferencial de potencial además del consumo que tiene el ventilador para hacer pasar el aire por las celdas de carga.

En el caso de los filtros tipo Brink sólo requieren de un ventilador con baja caída de presión en el filtro, por lo que su consumo de energía es moderado.

Por último es importante poder recuperar el aceite recolectado para su adecuada disposición ya sea para reutilizarlo o desecharlo como residuo peligroso ya que es inflamable.

Los filtros Brink presentan la mejor alternativa de solución en todos los aspectos y se adecuan a las instalaciones de la planta.

### **3.2 Principio de operación de los filtros Brownianos tipo Brinks**

Este tipo de filtros son utilizados en gran variedad de aplicaciones teniendo como principal uso en neblinas de aceite y plantas de ácido sulfúrico. Son fibras sintéticas las cuales

se mezclan para lograr una distribución uniforme pero dispersa para cubrir todo el espesor en capas densas compactadas por mallas metálicas y compactadas. Generalmente son de espesores de 3 a 5 pulgadas, aunque se pueden fabricar de espesores superiores. Tienen una eficiencia de hasta 99.995% en partículas de  $0.2\mu\text{m}$ . de acuerdo a la prueba DOP por conteo de partículas. El costo del filtro es proporcional a la eficiencia ya que el espesor del filtro la determina.

La eficiencia lograda en este filtro se debe a la interacción de diferentes mecanismos, los cuales en combinación, nos arrojan una alta eficiencia.

### **3.2.1 Mecanismos de retención de acuerdo al tamaño de partícula**

Los principales mecanismos que interactúan en el filtro para retener partículas son tres.

- Impacto inercial.

Las partículas mayores a tres micrones son colectados cuando su momento de inercia no les permite seguir las líneas de flujo alrededor de la fibra. En ese momento deja las líneas de flujo, choca con una de las fibras y es colectada.

Este mecanismo se asemeja a un vehículo que se coloca detrás de un camión. El camión levanta con sus ruedas partículas y piedras. Las partículas finas siguen las líneas de flujo del vehículo detrás de él, pero las piedras de mayor peso pierden su fuerza de inercia y caen chocando con el vehículo.

- Intercepción directa.

Las partículas entre uno y tres micrones tienden a seguir las líneas de flujo cuando éstas

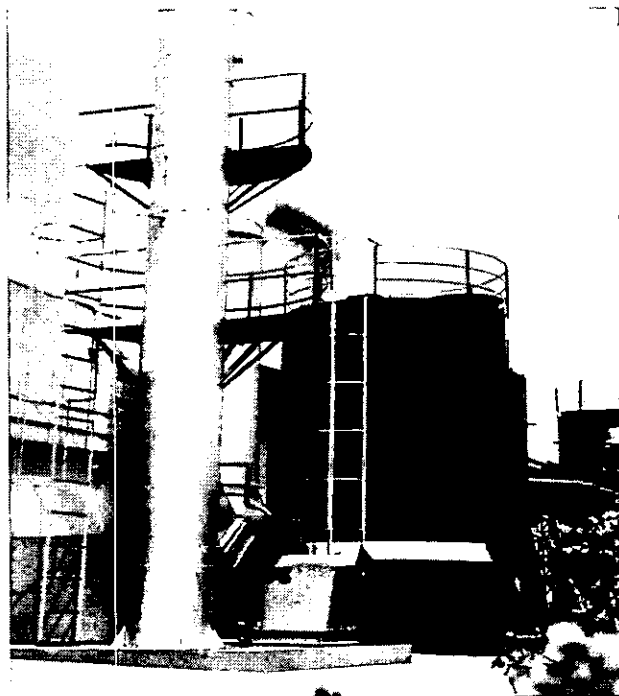
viajan cercanas a una fibra. Por ejemplo una partícula de un micrón que pasa a medio micrón de distancia de una fibra será colectada.

- Difusión Browniana.

Partículas muy finas menores a una micra presentan movimiento errático de un lado a otro de diez veces su tamaño causado por las colisiones con las moléculas de flujo de aire.

Este movimiento hace que una partícula de 0.1 micrones tenga una muy alta probabilidad de tener una colisión con una de las fibras.

### 3.3 Colector de neblinas de aceite mediante filtros Brink (Figura 3.1)



**Figura 3.1** Colector de Roshfrans (Actopan Hidalgo).

### 3.3.1 Cálculo de flujo de aire

El primer paso a realizar es el cálculo de la cantidad de aire necesario para poder coleccionar toda la neblina de aceite generada por el proceso.

Para determinar la cantidad de aire necesario para ventear las ollas se deben considerar los siguientes puntos:

1.- Condiciones físicas del lugar. Esto es para poder evitar corrientes de aire cruzado que dificulten la captura de los vapores generados, así como las condiciones de espacio.

2.- La forma en que se desarrolla el proceso de producción es importante. El sistema a instalarse no debe estorbar a los operadores ya que existe la tendencia de quitar del camino todo aquello que dificulte el proceso de producción.

Una vez analizados los puntos anteriores se determinó encapsular la olla mediante campanas con una puerta de acceso corrediza para checar el proceso y añadir aditivos. Esto permitió que la cantidad de aire de succión se redujera al mínimo, ya que el aire succionado será exclusivamente el del proceso.

De acuerdo al diámetro de la olla de 1.6 m. y tomando una velocidad de captura de 30.48 m/ min. según recomendaciones del Industrial Ventilation para la ventilación de tanques con emanación de vapores tenemos:

$$Q = V A$$



donde Q es el flujo de aire en  $\text{m}^3 / \text{min}$

V es la velocidad de captura y A es el área a ventilar

Sustituyendo valores:

$$Q = (30.48) ([1.6/2]^2 \pi)$$

$$Q = 61.28 \text{ m}^3 / \text{min.}$$

Calculando para las cuatro ollas tenemos un volumen total requerido de  $245.12 \text{ m}^3 / \text{min}$ .

Con el flujo de aire requerido de  $245.12 \text{ m}^3 / \text{min}$ . y sabiendo que la caída de presión máxima del sistema es de 508 mm. columna de agua a una temperatura de  $35^\circ \text{C}$ , la potencia requerida por el ventilador es de 50 HP. El tipo de ventilador más apropiado para estas condiciones de presión y volumen de aire, es el tipo centrífugo. El tipo de aspas son planas con compuerta de regulación de aire a la salida del ventilador, puerta de acceso y dren.

### **3.3.2 Diseño de campanas de extracción**

Posteriormente se diseñan las campanas de extracción de tal manera que no estorben con el proceso. Es importante mencionar que aunque este tipo de filtros no requieren mantenimiento, el polvo atmosférico es lo único que los puede tapar o saturar por lo que si el ambiente es de mucho polvo, es necesario envolverlos con un prefiltro tipo bolsa.

En nuestro caso particular para evitar poner estos filtros, se colocó una campana que rodeara por completo la olla y no permitiera el paso del polvo atmosférico. La campana consta de una puerta corrediza de fácil acceso para cargar los aditivos dentro de la olla. Para permitir la entrada de aire sin polvo se le instaló un filtro ASHRAE del 95% de eficiencia como se muestra en la Figura 3.2.

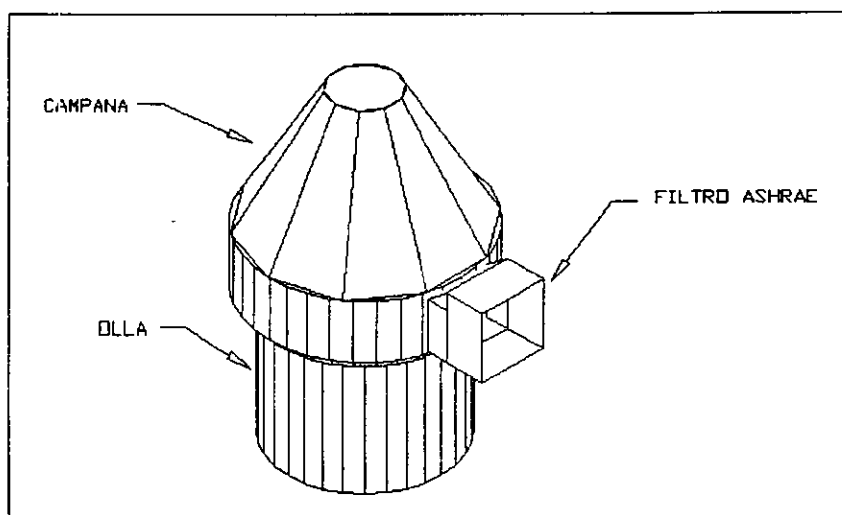


Figura 3.2 Campana de extracción con filtro ASHRAE para evitar la entrada de polvo a los filtros Brink.

Además este tipo de campana aumenta la eficiencia con la que se capturan los vapores de neblina de aceite generados, ya que evita corrientes de aire cruzados y dirigiendo la extracción directamente a la fuente de emisión.

La velocidad en el ducto recomendada por el American Conference of Governmental Industrial Hygienists es de 304.87 a 609.75 m/min. para gases y vapores. La planta de Roshfrans ya cuenta con un sistema de extracción con dos ramales independientes, uno para cuatro ollas, por lo que sólo se verificó que éste cumpliera con la velocidad de transporte necesaria.

Diámetro de ducto 0.4064 m.

Flujo de aire 56.63 m<sup>3</sup>/min

Area del ducto  $\pi(0.4064/2)^2 = 0.1297 \text{ m}^2$

Velocidad en ducto = flujo de aire / área

Sustituyendo valores:

Velocidad en ducto =  $56.63/0.1297 = 436.62 \text{ m/min}$

De acuerdo al resultado la velocidad de transporte en el ducto es la adecuada.

El sistema de producción cuenta con ocho ollas de las cuales se utilizan sólo cuatro a la vez, por lo que el colector se diseña para cuatro en operación.

A continuación se verificó que el tanque disponible contara con el espesor adecuado para trabajar a presión negativa de -508 mm. columna de agua , ya que ésta es la presión máxima de vacío a la que puede llegar el sistema. De acuerdo con la recomendación del fabricante, cuando

el filtro presenta un diferencial de presión entre la parte limpia y la parte sucia de  $- 508 \text{ mm . A.C.}$  es indicio de que éste ya está saturado de partículas submicrónicas de polvo, las cuales impiden el paso adecuado de la corriente de aire.

En estas condiciones de presión los filtros deben ser reemplazados.

### **3.4 Cálculo de espesor del recipiente para colocar los filtros**

Los recipientes son una de las partes más importantes a lo largo de los diferentes procesos de transformación. Constantemente se encuentran sometidos a esfuerzos físicos internos y externos, otros factores que se deben tomar en cuenta es la peligrosidad, la afinidad del fluido almacenado para con el medio ambiente y las paredes del recipiente. El fluido que se requiere almacenar es aceite de baja viscosidad con un alto contenido de sosa, por lo que el interior del tanque debe protegerse contra la corrosión.

Para este propósito el tanque es pintado en su interior con dos capas de primer anticorrosivo y dos capas de pintura epóxica para evitar que el recipiente se deteriore prematuramente.

De acuerdo con las Normas y Códigos en la industria, el Código API estándar 65 (American Petroleum Institute) del Instituto de Petróleo Americano es el más utilizado y es en él en el que se basa el siguiente cálculo.

Datos de diseño:

Presión de diseño (Pd) de acuerdo a lo especificado por el fabricante de filtros con un

factor de seguridad de 2.

$$(4976.8 \text{ Pa})^2 = 9953.6 \text{ Pa}$$

SE esfuerzo a la tensión permitida  $138.288 \times 10^6 \text{ kg/m}$ .

Temperatura de diseño:  $95^\circ \text{ C}$

Corrosión Permisible =  $3.175 \times 10^{-3} \text{ m}$ .

Material del Cuerpo y Tapas:

A-240-304 acero ferrítico de alta soldabilidad, buena resistencia a la tensión, resistente a la corrosión y bajo coeficiente de dilatación.

Radiografiado 80%.

### 3.4.1 Espesor de las tapas

$$Pd (D+2CA)$$

$$td = \frac{Pd (D+2CA)}{2*SE(E) - 0.2Pd} + CA$$

Donde:

td espesor de diseño es el espesor requerido para soportar las cargas más el espesor de corrosión permitido.

D es el diámetro del recipiente.

CA es la corrosión permitido.

SE es el esfuerzo a la tensión máxima a la que se puede ser sometido el material que forma parte del recipiente bajo condiciones normales de operación.

E es el porcentaje radiografiado del recipiente.

tn espesor nominal.

Sustituyendo valores:

$$td = \frac{9953.6 [(3.0988) + 2 (3.175 \times 10^{-3})]}{2 (138.288 \times 10^6) 0.8 - 0.2 (9953.6)} + 3.175 \times 10^{-3}$$

$$= 3.3147 \times 10^{-3} \text{ m.}$$

= 4.7625 mm. el espesor mínimo de un recipiente aceptado por el API standard 650 es 3/16.

El espesor real del tanque (12.7 mm.) excede lo requerido por el cálculo por lo que las tapas cumplen con las necesidades.

### 3.5.2 Espesor del Cuerpo

El espesor del cuerpo es el espesor que requiere el tanque para soportar los esfuerzos máximos durante su operación, incluyendo el espesor por corrosión de acuerdo a la siguiente fórmula del API estándar 650.

$$t_c = \frac{P_d (R + C_a)}{S E - 0.6 P_d} + C_a$$

donde:

$t_c$  es el espesor del cuerpo.

$R$  es el radio del recipiente.

Sustituyendo valores:

$$t_c = \frac{(9953.6) (1.549 + 3.175 \times 10^{-3})}{138.288 \times 10^6 - 0.6 (9953.6)} + 3.175 \times 10^{-3}$$

$$t_c = 3.276 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$t_n = 4.7625 \text{ mm.}$$

En este caso el espesor real del recipiente también excede al requerido por lo que se puede utilizar para colocar los filtros sin tener ningún problema mecánico.

Es importante mencionar que los cálculos como carga por viento y sismo se omiten, ya que este recipiente tiene varios años en operación, y el propósito del cálculo anterior es sólo comprobar que se va a conservar la integridad del recipiente a causa de los nuevos esfuerzos a

los que se van a someter.

### 3.5 Sistema de control del equipo

El sistema se instaló con un ventilador de 50 HP y ocho ollas de las cuales sólo se operan cuatro a la vez, y para poder evitar que el operador no utilice el sistema de extracción o tenga que accionarlo, éste se diseña para ser controlado mediante un PLC de Allen Bradley el cual controla la operación del sistema de succión.

Durante la operación normal del proceso de fabricación de grasa, el operador tiene que mantener un agitador en funcionamiento para mantener integrados los compuestos que conforman la grasa. Este agitador es actuado por una botonera accionada por el operador y apagado hasta que termina el proceso y se vacía la olla (Figura3.3).

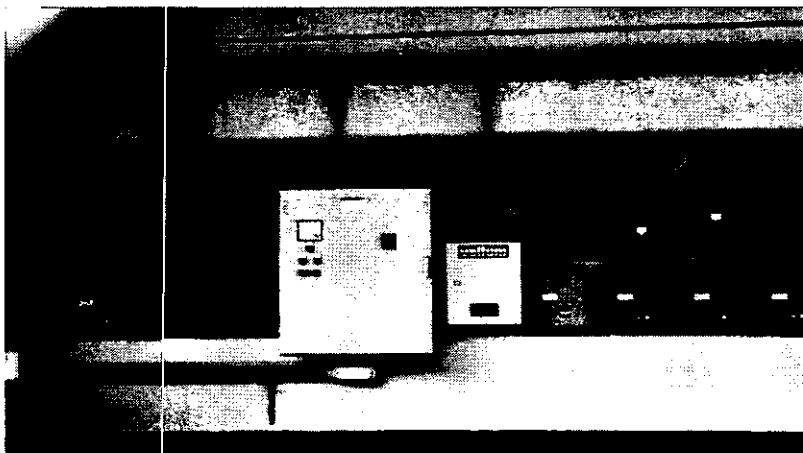


Figura3.3 Panel de control (Arrancador y PLC).



Para efectos de control se tomó el encendido de este motor para actuar un sistema de válvulas de mariposa que direccionan el flujo de aire a la olla que se encuentra en operación.

Así en cuanto el operador comienza la manufactura de grasa mediante el agitador, automáticamente se enciende el ventilador y se abre la válvula de mariposa que hace pasar el vapor generado por las olla en operación a través de los ductos hasta los filtros donde se retiene el aceite de la corriente de aire para después emitirlo a la atmósfera limpio de aceite. Esta señal que viene del agitador es procesada dentro del PLC para así controlar el flujo de aire exclusivamente en la olla que se encuentra en proceso.

Además se mantienen las compuertas abiertas hasta que el agitador se apaga. Una vez que el proceso termina y el operador apaga el agitador, el sistema de extracción se mantiene funcionando quince minutos para atrapar parte de los vapores que se emiten por la grasa residual. Finalmente el PLC apaga el motor del ventilador y cierra todas las válvulas de mariposa para dejar el sistema preparado para la siguiente carga (Figura 3.4).



Figura 3.4 Pistón actuador de válvulas de mariposa.

La válvulas de mariposa son accionadas mediante pistones neumáticos que se actúan por electroválvulas dirigidos por señales a través del PLC:

Anexo A. diagrama eléctrico.

### **3.6 Filtros de Carbón Activado**

Después de colocar los filtros Brownianos, la neblina de aceite que se emitía a la atmósfera se eliminó; sin embargo se percibía un fuerte olor que hacía que la garganta picara.

Se realizaron análisis de laboratorio y se detectó la presencia de moléculas de hidrocarburo, las cuales causaban un problema de olor en los alrededores de la fábrica y los vecinos lógicamente se encontraban inconformes con la solución determinada. En cuanto a los resultados sobre la eliminación de la neblina de aceite ésta desapareció y quedó retenida en los filtros con resultados en el muestreo muy por debajo de la Norma.

El olor que aún se hacía notar era proveniente de hidrocarburos ligeros y que se encontraban en forma de gas y no de partícula dentro de la corriente de aire. Por esta razón el filtro tipo Brink no lo retiene ya que un gas puede tener dimensiones de  $10^{-9}$   $\mu\text{m}$ . La concentración era baja pero molesta para los vecinos del lugar.

Para resolver el problema de olor existían tres alternativas. La primera de ellas consistía en un quemador para incinerar las moléculas que producían este mal olor. La segunda era un convertidor catalítico y la tercera un filtro de carbón activado.

El incinerador es un quemador de gas natural el cual destruye los hidrocarburos

quemándolos a altas temperaturas ( $1,200^{\circ}\text{C}$ ). Se utiliza generalmente como un paso intermedio en equipos de destrucción de compuestos orgánicos volátiles en alta concentración.

Un convertidor catalítico es un catalizador que acelera la destrucción del hidrocarburo. Esta destrucción se realiza a temperaturas más moderadas ( $600^{\circ}\text{C}$ ) son de alta eficiencia pero de un alto costo ya que necesitan de un quemador para calentar el aire.

Por último queda el filtro de carbón activado el cual tiene un costo mucho menor que las otras dos alternativas y se utiliza cuando las concentraciones son bajas (Figura 3.5).

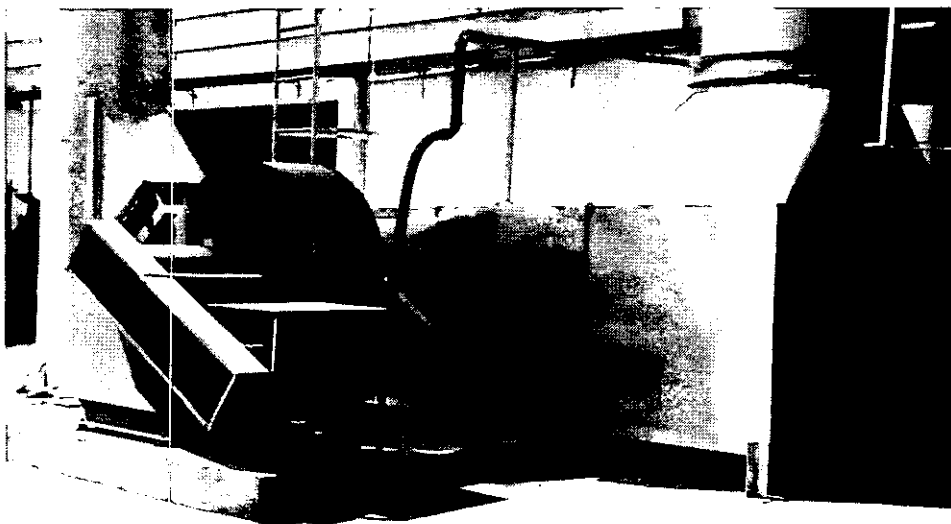


Figura 3.5 Filtro de carbón activado.

Tomando en cuenta que la concentración era baja el filtro adecuado fue el de carbón activado. Las otras dos opciones significaban un mayor costo además de ser aplicables en altas concentraciones.

### 3.6.1 Principio de funcionamiento

El filtro de carbón activado está formado por pequeños gránulos de carbón de aproximadamente cuatro milímetros de diámetro dentro de una malla de lámina perforada para permitir el paso del aire.

Estos gránulos de carbón son una superficie porosa, la cual retiene las moléculas de hidrocarburo en su interior. Este proceso se le denomina adsorción.

El carbón activado tiene la particularidad de aumentar en un 20% su peso una vez que el filtro se satura. De acuerdo a este parámetro se coloca una celda de carga para monitorear la variación de peso y así saber cuando cambiar los filtros.

### 3.6.2 Cálculo de filtro de carbón activado

Para poder tener una adsorción adecuada por el carbón activado, éste debe tener contacto con la corriente de aire por 0.1 segundos a una velocidad mínima de 30.48 m/min. Teniendo un flujo de aire de 245.12 m<sup>3</sup>/min. y una velocidad de 30.48 ft/min. .

Sustituyendo en la fórmula de caudal:

$$Q = V A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{245.12}{30.48} = 8.04 \text{ m}^2$$

Donde Q es el flujo de aire, V es la velocidad y A es el área que debe ocupar el filtro para lograr la velocidad deseada.

Ahora para determinar el espesor del filtro y mantener en contacto el aire por 0.1 segundos, sustituyendo en la fórmula de velocidad:

$$V = d/t$$

$$d = V t$$

$$d = \frac{30.48}{60} (0.1)$$

$$d = 0.0508 \text{ m.}$$

$d = 5 \text{ cm.}$

donde  $V$  es la velocidad a la que pasa el aire por el filtro y  $t$  es el tiempo que debe durar el contacto con el carbón activado.

Teniendo un espesor de filtro de 5 cm. y un área a cubrir de  $8.04 \text{ m}^2$  se fijó la cantidad de doce filtros de 0.85 m. de largo por 0.85 m., de ancho para cubrir un área de  $8.67 \text{ m}^2$  excediendo el mínimo requerido de  $8.04 \text{ m}^2$ .

Los valores de dimensiones del filtro se fijaron para poder darle simetría al arreglo de filtros.

(Figura 3.6)

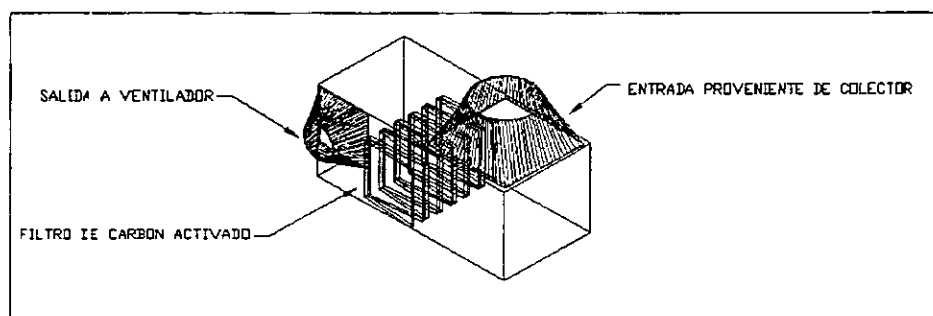


Figura 3.6 Filtro de carbón activado.

**CAPITULO 4**  
**OPERACION Y**  
**MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

## **OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

### **4.1 Filtros Brink**

Para asegurar un buen desempeño de los filtros en el colector de neblinas de aceite es necesario seguir los procedimientos recomendados para asegurar la máxima vida útil de los mismos.

Antes de operar el equipo es necesario verificar que el tanque donde va a drenarse el aceite se llene hasta el nivel del sello hidráulico para evitar fugas. Toda la pedacería y sobrantes de la instalación deben ser retirados para que el sistema de extracción no succione desperdicios dentro del colector durante las pruebas de arranque.

Después de arrancar el motor del ventilador por primera vez es necesario checar la presión diferencial a través de los filtros. Por algunos días y horas la presión es menor a la de diseño hasta que el filtro adquiere una película de aceite. El tiempo dependerá directamente de la cantidad de aceite que lleva la corriente de aire.

Es necesario ajustar el flujo de aire del ventilador mediante la compuerta a la salida del mismo. Cuando los filtros son nuevos el paso del aire a través de las fibras es más fácil mientras se forma una película de aceite en el medio filtrante por lo que es necesario cerrar parcialmente la compuerta de aire y evitar que el aire pase por las fibras a una velocidad mayor a la de diseño.

Una vez que la presión sube al nivel de diseño (304.8 mm. columna de agua) entonces se abre la compuerta del ventilador para compensar la pérdida de flujo de aire por presión y así



mantener una buena succión de la neblina de aceite (Figura 4.1).

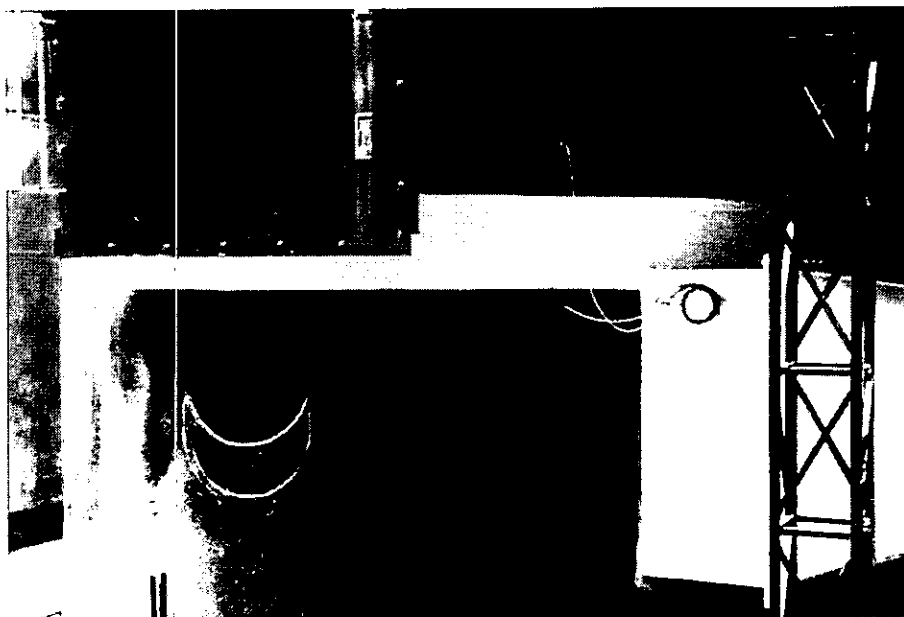


Figura 4.1 Manómetro de monitoreo de presión.

La operación de los filtros Brink de Monsanto es sencilla. Una vez que se ponen en operación debe supervisarse de vez en cuando su desempeño. La presión a través de los filtros debe registrarse en una bitácora. La variación en presión es directamente proporcional al flujo de aire mientras el resto de variables se mantengan constantes como la carga de neblina de aceite.

Si durante la operación la presión diferencial sufre una caída brusca apreciable, puede derivarse de pequeñas fugas en las bridas y empaques sobre los cuales descansa el filtro, erosión

del medio filtrante u otros factores externos al equipo. Cuando el cambio en presión se deriva por fugas es casi siempre visible una emisión por la chimenea del ventilador. En este caso es necesario apagar el equipo y realizar una inspección.

Por otro lado, si la presión se incrementa durante la operación, es una señal de que los filtros se están saturando. La única razón por la que los filtros se pueden saturar prematuramente durante su operación, es a causa de la entrada de partículas sólidas que no se pueden desprender del filtro por irrigación natural. En este caso si la presión continua en ascenso es necesario realizar una limpieza de los filtros o reponerlos. Esta decisión se puede realizar exclusivamente después de una inspección.

La máxima presión de operación permisible es estos filtros es de 703.58 mm. C.A.

Los filtros se pueden lavar cuando se saturan para así reducir la presión a un nivel aceptable de operación. Pueden emplearse varias técnicas. En el caso de que el proceso de lavado no sea suficiente para disminuir la presión, entonces los elementos se pueden utilizar para sustituir el filtro empacado en el armazón. Es necesario que el usuario remueva el filtro saturado antes de enviarlo para su sustitución. Las ventajas de hacerlo así son:

- El flete es solamente por la estructura metálica y no por el peso total del filtro saturado.
- Siempre es más económico para el usuario disponer adecuadamente del filtro usado de acuerdo a las regulaciones vigentes del lugar donde se encuentra cuando éste es un residuo peligroso por el tipo de contaminante que se maneja.
- El transporte de filtros usados con contaminantes que se consideran un residuo peligroso requieren de un transporte y permiso especial.

Durante el proceso de remoción de las fibras contaminadas del filtro usado, se debe asegurar de contar con el equipo de protección adecuado y seguir los procedimientos para el manejo de materiales peligrosos capturados en el medio filtrante. Una vez removido el filtro se debe confinar adecuadamente de acuerdo a las leyes ambientales locales y del Estado.

El armazón debe ser reembarcado y empacado con cuidado para evitar daños.

En caso de lavar los filtros se pueden aplicar dos técnicas.

#### 1.- Llenando el tanque donde se encuentran los filtros.

Si los filtros presentan una alta presión es necesario lavarlos para quitar las partículas que impiden el paso del aire. Esto es posible llenando el tanque donde se encuentran con agua combinada con alguna solución que ayude a remover los contaminantes del filtro y repitiendo este procedimiento varias veces. Es importante checar que el recipiente puede soportar la presión hidráulica al limpiar los filtros.

#### 2.- Sin remover los filtros con manguera.

Este procedimiento es ideal para filtros obstruidos con polvo y partículas sólidas. Las partículas que han penetrado profundamente dentro del filtro no se pueden eliminar por este método.

Primero es necesario limpiar el espejo donde están montados los filtros. Por seguridad

colocar andamios antiderrapantes para que una persona se pueda parar sin riesgos y realizar el lavado. Utilizando una manguera de una o dos pulgadas abrir el flujo de agua a una velocidad de casi cero. Lavar un filtro a la vez. Mover la manguera de arriba abajo con el chorro de agua directo al filtro hasta que se limpie la superficie. Toma de cinco a diez minutos lavar un filtro. Es importante no utilizar alta presión ya que las fibras se pueden dañar fácilmente. Si el filtro presenta quebraduras u hoyos durante la limpieza, suspender el proceso inmediatamente.

Después de lavar los filtros hay que dejarlos secar por unas cuatro horas o secarlos con un ventilador.

#### **4.1.1 Mantenimiento del Ventilador**

El ventilador requiere de engrasar las chumaceras una vez al mes con grasa de alta temperatura para mantener lubricados los baleros para evitar vibraciones y desgaste.

Las bandas se deben checar una vez al año para observar si tienen cuarteaduras y evitar que se rompan durante la operación. Se recomienda tener un juego de bandas de repuesto.

Cuando los filtros son nuevos la compuerta del ventilador se encuentra en un setenta por ciento cerrada, posteriormente los filtros adquieren su nivel de operación normal y la compuerta puede llegar a quedar abierta en un cien por ciento.

#### **4.1.2 Instalación eléctrica y neumática.**

Los pistones neumáticos para la regulación y control del flujo de aire en la succión requieren de un filtro de partículas y un lubricador para poder operar y evitar desgaste prematuro. Todos los pistones se controlan automáticamente por el PLC aunque también cuentan con un actuador manual en caso de emergencia.

El filtro de partículas se debe limpiar cada seis meses con un solvente ligero como gasolina blanca para mantenerlo en buenas condiciones de operación. En el caso del lubricador se debe rellenar al nivel mínimo y mantenerlo para lubricar los pistones.

El panel de control y la instalación eléctrica no requieren ninguna supervisión ya que el PLC controla todas las funciones del equipo. Además el PLC no pierde su programación aunque se elimine el suministro eléctrico.

# **CAPITULO 5**

## **CONCLUSIONES Y**

### **SUGERENCIAS**

## CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### Conclusiones

Es muy raro en la actualidad dejar de escuchar dentro de todos los ámbitos el tema de la ecología, la razón es obvia, la degradación de nuestro ambiente a través de los años es seria y digna de tomarse en cuenta para las generaciones futuras. En algunos casos es tan grave que no se puede postergar la solución o remediar los efectos de la devastación. Claro ejemplo son las especies extintas. Sin embargo no hay que alarmarse y ser extremistas en el tema como el caso de algunos grupos ecologistas que hablan de cifras fatalistas sobre la basura y agua haciéndonos pensar que en un periodo de tiempo no lejano, estaremos enterrados en ella o muertos por falta de líquido. Es verdad que la situación no está para sentarnos a no hacer nada pero tampoco estamos al borde de desaparecer. Tenemos que ser objetivos en nuestros planteamientos y estar informados sobre la realidad de las cosas. También hay que saber sobre los problemas sus causas fundamentales para emitir soluciones permanentes.

La ecología y el medio ambiente es un asunto que nos concierne a todos y donde todos estamos obligados a participar.

Nuestros gobernantes no son la solución, aunque es fácil echarles la culpa para que nosotros no hagamos nada. Hay una frase que en alguna ocasión escuché y creo que encierra un gran contenido:

“Todos somos ecologistas hasta que nos llegan al bolsillo”

Esto quiere decir que somos muy buenos para criticar y señalar los problemas ambientales, pero no nos damos cuenta que la solución del problema que nos corresponde está a nuestro alcance y que no hacemos nada porque implica un esfuerzo extra o un gasto que sin darnos cuenta a la larga siempre nos va a beneficiar. Es típico ir a un gran número de las empresas y platicar sobre sus problemas de contaminación y darse cuenta que para ellos la ecología y sus remedios son un gasto necesario que si se puede evitar mejor.

No nos damos cuenta que si solucionamos los problemas ambientales dentro del entorno laboral las mejoras son inmediatas y palpables. La productividad aumenta, la moral del personal mejora, hay menos riesgos de trabajo y en consecuencia menor ausentismo y rotación de empleados. En muchas ocasiones los sistemas de control ambiental nos permiten recuperar producto considerado antes como merma.

Por ejemplo en el caso de Roshfrans, el aceite recuperado en el colector se puede reciclar dentro de la misma grasa o utilizar como combustible en hornos de concreto.

La ecología debe ser la base de nuestra convivencia ya que si no respetamos las Leyes y Normas de la Naturaleza, siempre terminamos contaminando. Es importante que ahora la tecnología y los procesos productivos den un giro importante, ya no es suficiente crear nuevas Normas que cumplir o certificaciones que tener como en el caso de ISO 14000.

Aunque todos los esfuerzos enfocados a mejorar los sistemas de fabricación son buenos, es hora de que diseñemos todo lo que se fabrica de tal manera que se cumplan dos cosas fundamentales:



1.- Que los productos realmente sean reciclables para su reutilización. Además después de consumirse o de que su vida útil termine sea posible manejar su acopio adecuadamente sin tener que mezclarlo con otras cosas y dificultar más su reciclaje. Tenemos que participar todos en la clasificación de la basura.

Un claro ejemplo de esto en nuestro país es el caso de los envases Tetra Pack. Hace muchos años que se utilizan y recientemente se construyó una planta para el reciclaje de estos envases. Sin embargo el sistema de recolección de basura actual no permite que estos envases lleguen con facilidad a la planta recicladora ya que si un consumidor los separa de su basura para entregarlo a los encargados de la basura, éstos sólo lo mezclan con el resto de los desperdicios. Entonces qué caso tuvo separarlos.

2.- Diseñar o rediseñar los productos de tal manera que se contemple el destino de sus partes al término de la vida útil del mismo y que el mismo productor busque esquemas de retorno del producto al proceso o un destino final no adverso al ambiente. Además que los costos de los bienes que se ofrecen en el mercado involucren al menos parte del reciclaje ya sea por incentivos económicos o incluido en el precio inicial.

Finalmente alguien tiene que pagar por los desperdicios y basura, así que si logramos involucrar estos gastos al producto, no hay razón para que el destino final sea la basura.

Además si lo vemos por el lado económico puede también el reciclaje una buena fuente de ingresos para la empresa e involucrar inclusive utilidades en el proceso.

Ya basta de engañarnos y tratar de engañar al ambiente, debemos formar una cultura dentro de nuestra sociedad, y así como la Revolución Industrial y ver chimeneas de fábricas en

las poblaciones significaban progreso, ahora el progreso debe estar en la integración total de los bienes de consumo como parte del ambiente y que éstos sólo cambien de un estado físico a otro sin afectar el ambiente de tal manera que el mismo ambiente los reabsorba por medios tan naturales como el mismo ciclo del agua. Que la ecología no sea una inversión sino un negocio y símbolo de progreso.

No debemos dejarnos engañar fácilmente con productos que no sólo son adversos al medio ambiente, sino que utilizan propaganda ambiental para su venta cuando realmente no son productos ecológicamente sanos. Un caso es el de los detergentes biodegradable que a pesar de que se degradan éstos requieren del oxígeno disuelto en el agua por lo que si el contenido de éstos es alto en un lago o río, pueden matar a los peces por consumir el oxígeno disuelto, pero eso si ya se degradó el jabón.

### **Sugerencias**

Para mejorar las condiciones del colector que está operando actualmente se sugiere:

1. Instalar un sistema de bombeo en el depósito de aceite recuperado.

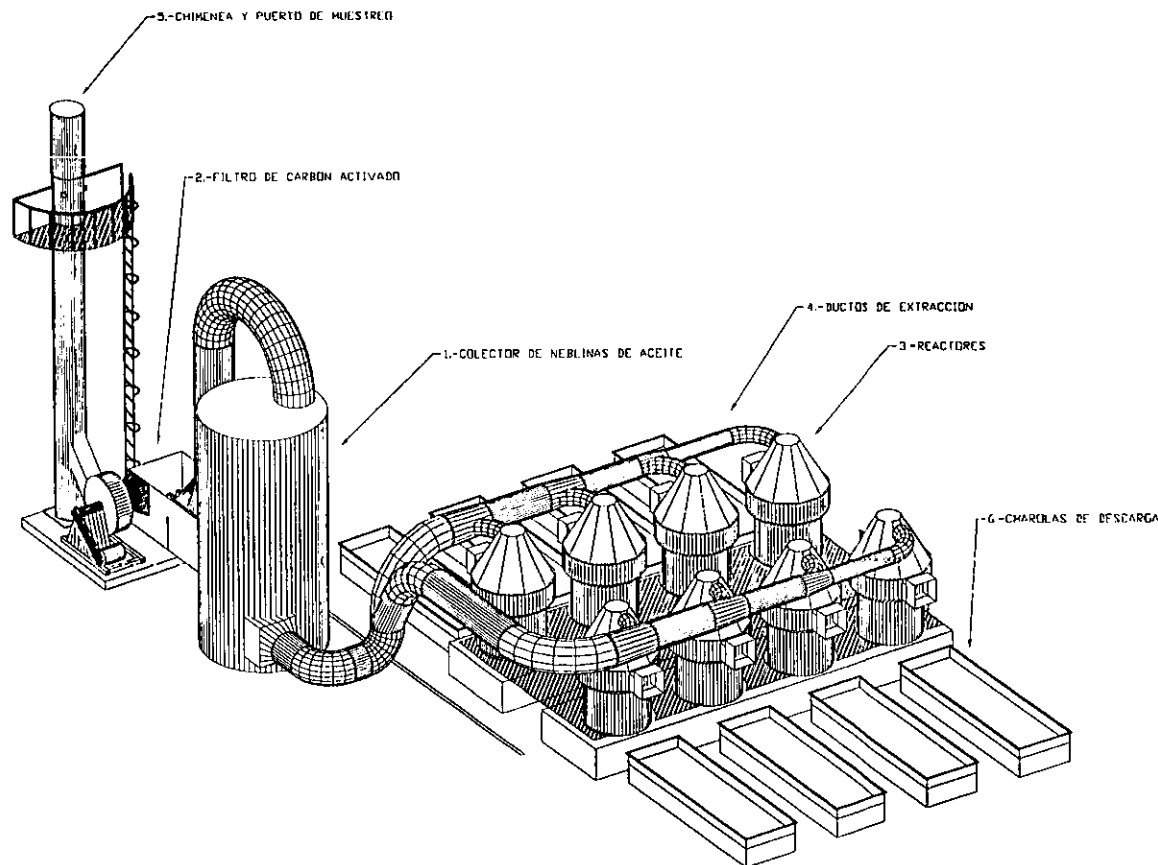
Actualmente se están recuperando aproximadamente 400 litros de aceite a la semana. Esto significa que debe implementarse un sistema de llenado para barriles por bombeo y poder disponer del aceite recuperado adecuadamente.

2. También se recomienda como una etapa secundaria, que el carbón activado se complemente con un sistema regenerativo del mismo. Esto puede ser mediante un calentador

que libere los hidrocarburos retenidos del carbón y un quemador de gas que los destruya incinerándolos.

3. Los filtros Brownianos se pueden regenerar mediante una limpieza con agua caliente. Es común instalar un sistema de aspersores en el interior de los filtros para limpiarlos cuando sea necesario. Sin embargo, es necesario evaluar esto de acuerdo al período de saturación de los filtros. Si los filtros tardan varios años en requerir limpieza, entonces no se justifica instalar los aspersores.

## **ANEXOS**



DESCRIPCION

- 1.-COLECTOR DE NEBLINAS DE ACEITE.
- 2.-FILTRO DE CARBON ACTIVADO.
- 3.-REACTORES
- 4.-DUCTOS DE EXTRACCION.
- 5.-CHIMENEA Y PUERTO DE MUESTREO.
- 6.-CHARROLAS DE DESCARGA.

PROYECTO

ROSIIFRANS ACTOPAN

OBJETO

RECUPERACION DE NEBLINAS DE ACEITE

CLIENTE

MTS.

USUARIO

S/E

ELABORADO

ING. RICARDO COLLAJES

REVISADO

ING. JAVIER LOZANO

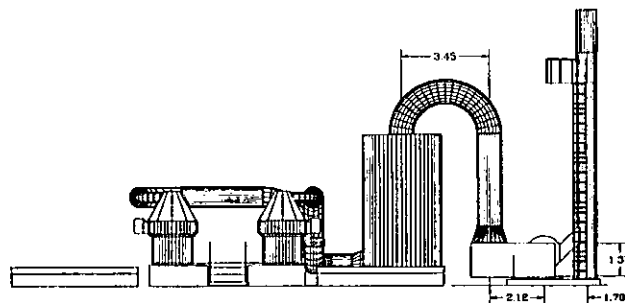
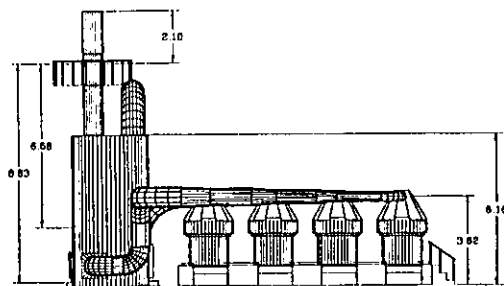
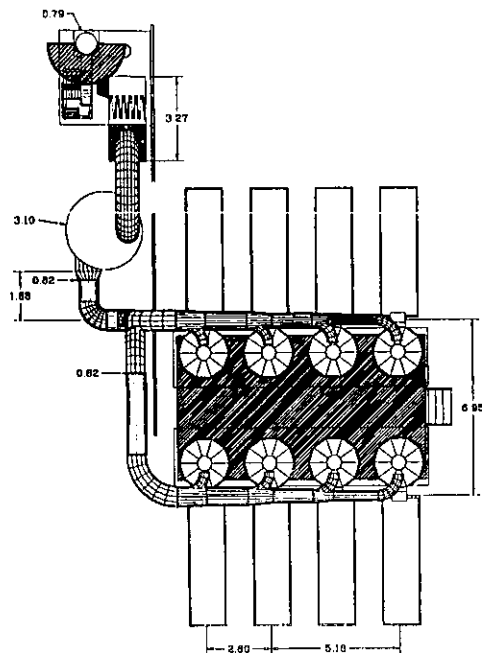
FECHA

12 DE FEBRERO DE 1996.

NO. DE PLANO

01

**vellum**



SECCION  
NORMA AMERICANA

DETAÑES

VENTILADOR MARCA AIREQUIPOS  
SERIE 400 M 421-M  
MOTOR DE 50 HP  
Q=11,000 P.C.M.  
PRESION ESTATICA: 20" c.a.

FILTROS BROWNIANDS  
MODELO: ES EPR 210 C30/AM2 C/S  
NUMERO DE ELEMENTOS: 6

FILTRO DE CARBON ACTIVADO  
400 kg.

CONTROLADOR PLC  
MICROLOGIX MOD 1781-L32 AWA

PROYECTO

ROSHIFRANS ACTOPAN

OBJETO

RECUPERACION DE NEDLINAS  
DE ACIETE

CLIENTE

MTS.

FECHA

S/E

ELABORADO

ING. RICARDO COLLANTES

REVISADO

ING. JAVIER LOZANO

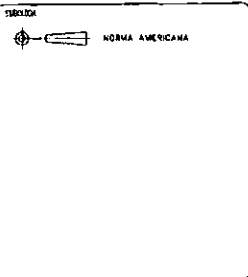
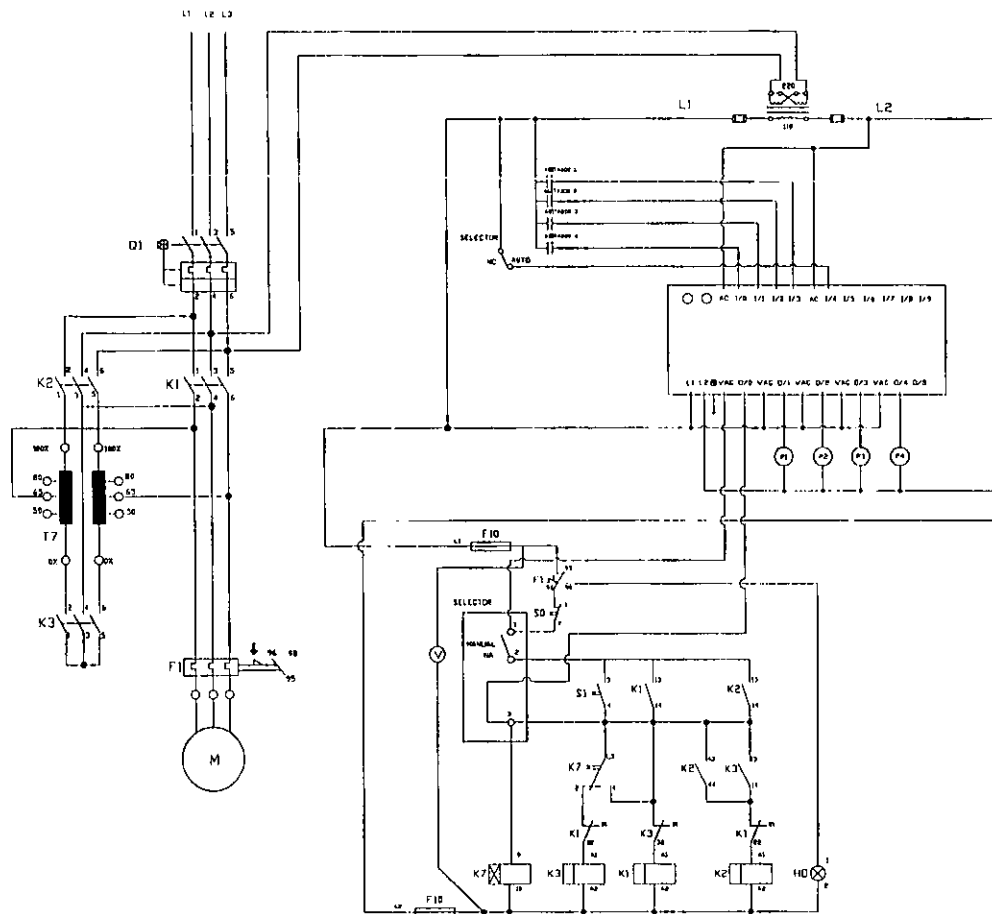
FECHA

12 DE FEBRERO DE 1996.

NO. DE PLANO

01

**vellum**



#### INDICACIONES

- I7. Autotransformador
- K2. Contactor a tension reducida (arranque)
- K3. Contactor punto estrella
- K1. Contactor a plena tension (marcha)
- P. Interruptor (contacto permanente)
- S1. Pulsador -arranque-
- S0. Pulsador -parada-
- K7. Relé de tiempo
- F1. Relé de sobrecarga
- D. Interruptor de presión a sinter
- D1. Protección contra cortocircuito
- F10/11. Fusibles de protección para el circuito de control
- H0. Luz de indicación de sobrecarga
- Q. Voltímetro

#### NOTAS

ROSHFRANS ACTOPAN

#### NOTAS

RECUPERACION DE NEBLINAS DE ACIETE

#### NOTAS

MTS. S/E

#### NOTAS

ING. RICARDO COLLAJANS ING. JAVIER LOZANO

#### NOTAS

12 DE FEBRERO DE 1996.

#### NOTAS

02

**vellum**

## **BIBLIOGRAFIA**



## BIBLIOGRAFIA

COMMITTEE ON INDUSTRIAL VENTILATION, Industrial Ventilation, vigésimo segunda edición, American Conference of Governmental Hygienist, Inc. , Cincinnati, Ohio 1995, p.p. 13-11.

ALBERT, Lilia, Toxicología Ambiental, segunda edición, Ed. Limusa, México 1988, p.p. 350.

RESNICK, Robert, Física Parte I, Ed. Compañía Editorial Continental, México 1980, p.p. 627.

CORBITT, Robert, Standard Handbook of Environmental Engineering, Ed. Mc Graw Gill, E.U.A. 1989, p.p. 10-37.

ASHTON, Paul, Un Movimiento Zigzageante, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1986, p.p. 105

API 650, American Petroleum Institute, Welded Steel Tanks for Oil Storage, octava edición, E.U.A. 1988, p.p. 8-2.

VESILIND, P. Arne, Environmental Engineering, segunda edición, Ed. Butterworth, E.U.A. 1988, p.p. 545.

PERRY, Robert, Perrys Chemical Engineers Handbook, sexta edición, Ed. Mc Graw Hill, E.U.A. , p.p. 27-19.

FISHER-CLOSTERMAN. Particle Clasifier. E.U.A., 1991. Boletín MME-9401.

TORIT DONALDSON, Curso de operación de colectores de neblina de aceite. E.U.A, 1997.