

Universidad Autónoma de Guadalajara

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias Químicas

“Diseño, Construcción y  
Funcionamiento de un  
Filtro de Hojas”

T e s i s

que presenta el Pasante de Ingeniería

Roberto Plazola Gómez

para obtener el Título de

Ingeniero Químico

Guadalajara, Jal., Marzo de 1959



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

Universidad Autónoma de Guadalajara

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias Químicas

“Diseño, Construcción y  
Funcionamiento de un  
Filtro de Hojas”

T e s i s

que presenta el Pasante de Ingeniería

Roberto Plazaola Gómez

para obtener el Título de

Ingeniero Químico

Guadalajara, Jal., Marzo de 1959

**A mis queridos padres que  
con su ejemplo de trabajo  
y sacrificio me ha marca-  
do el camino a seguir.**

**A mi madre que con su  
abnegación y desprendi-  
miento hizo posible el feliz  
término de mi carrera.**

**A mis hermanos  
con cariño.**

**A María Trinidad  
con toda el alma.**

**A mi querida Universidad  
Autónoma, sus Directores y  
Maestros con agradecimien-  
to por la dura labor que  
desarrollaron para formar-  
me.**

**A mis compañeros y  
amigos.**

## CAPITULO I.

**GENERALIDADES.**—Filtración es la separación o colección de pequeñas partículas suspendidas en un líquido o en un gas.

Esta separación se hace por el paso de ese material a través de un separador o medio filtrante que puede ser:

### A.—RIGIDO:

1.—**Fijo.** Construído de alúmina, carbón, madera, material silíceo o metálico.

El metálico puede ser de placa perforada, placa con bordes, metal poroso o tela de alambre.

2.—**Cambiable.** Hecho de carbón coke, tierra de diatomea, sales precipitadas, tierra y grava o piedra.

### B.—FLEXIBLE:

1.—**Metálico.** De bronce, plomo, monel, níquel, plata, acero inoxidable o de lectramesh (que es un medio filtrante hecho por electrodeposición).

2.—**Mixto.** De asbesto y metal o de metal revestido de algodón.

3.—**No metálico.** De asbesto, algodón, vidrio, lino, cerda, henequén, pulpa de papel, hule, seda, nylon, vinyon, orlon, madera o plástico.

La filtración puede efectuarse por tres medios diferentes que son:

a).—**Gravedad.** De cerámica estacionarios, de falso fondo, de bolsa o de cama fija.

b).—**Presión:**

**Filtro Prensa de Plato.** Ya sea de plato y marco standard o de plato con cejas.

**Filtro de Hojas.** Rotatorio o estacionario. El rotatorio podrá ser continuo o intermitente y el estacionario, horizontal o vertical.

**Filtro de cilindro o barril.** Puede ser rotatorio o estacionario.

c).—**Vacío:**

**Continuos.** De banda, de hojas circulares o discos rotatorios, de barril, de caja o de hojas rectangulares.

**Intermitentes.** De cilindro y hojas, de tanque de falso fondo o de barril.

Hecha esta clasificación de los distintos tipos de filtros, pasaremos a la descripción ligera de cada uno de ellos:

I.—**Filtros de Gravedad:** Todos ellos consisten en un sólo soporte para el medio filtrante, que como se ve en la clasificación, este soporte puede ser de cerámica, un falso fondo con perforaciones, una bolsa de tela de alambre o una cama fija donde se pone arena o cualquier medio filtrante rígido cambiabile.

II.—**Filtros de Presión:**

1) **Filtro Prensa de Plato y Marco.** Consta de series de: Plato, medio filtrante y marco ensamblados formando una unidad.

**El marco** no es sino el espacio donde se recibe el alimento que pasará a través de los medios filtrantes adyacentes a cada lado y donde se acumulará la torta. Debe tener orificio de entrada del alimento.

**El plato** es el sostén del medio filtrante y sirve para dar base o apoyo de solidez a éste. Hay varios tipos de platos pero todos tienen canales para que corra por ahí el filtrado y crestas planas que son el apoyo del medio filtrante. Cada plato tiene orificio para la salida del filtrado, en el fondo. Cuando el filtrado de un plato sale turbio, se cierra la salida de éste hasta cambiar ese medio filtrante defectuoso.

Para efectuar el lavado se siguen dos métodos, dependiendo del tipo de plato:

a) El agua de lavado es forzada a pasar a través de los canales de alimentación, siguiendo el mismo camino del filtrado.

b) El agua de lavado entra por una esquina en cada plato alternado, pasando a través de ese plato y saliendo por el siguiente marco. Se sabe que los marcos están completamente llenos de torta, cuando cesa el flujo. Puede enseguida soplarse para sacar toda la solución filtrada o puede lavarse si nó se requiere esa solución y después hacer el soplado para obtener una torta lo más seca posible. Para la descarga de la torta se separan los platos y marcos y se limpian los medios filtrantes.

**Capacidad del Filtro Prensa:** La dan los espesores de los marcos, puesto que éstos forman la cabidad que se llena de torta y el tamaño de las cámaras o sea el área de filtración. Estos dos factores tienen su límite, puesto que hay desventaja en dejar unos marcos demasiado gruesos porque la torta resulta muy suave y por lo tanto difícil de lavar.

El número de cámaras es preferible reducirlo y aumentar el tamaño de platos y marcos, para menor número de complicaciones; ésto también tiene su límite, ya que unos platos y marcos demasiado grandes son difíciles de manejar y sobre todo de descargar la torta.

Los platos y marcos se cierran juntos por medio de un tornillo en un extremo, cuya rosca se mueve por medio de un piñón y engrane o a veces se cierran con presión hidráulica. De ordinario se vuelven hacia atrás alojando el tornillo y separándolos de uno en uno.

A causa de superficies gastadas, alta presión, empaques de plato a marco en mal estado y manejo de líquidos delgados, un número de platos tienen goteo de fuga; entonces la tela dañada puede calafatearse y empacarse entre el plato y marco donde ésto ocurra o la fuga puede ser conectada provisionalmente a la línea de alimentación, hasta que se detenga la filtración y se pueda empacar bien, usando empaques de hule especial blando de 1/8" a 3/16" sobre las superficies de las juntas.

Pueden embarazarse los medios filtrantes o los orificios de entrada en cada marco; para prevenir ésto se usa ayuda filtro en pre-barnizado, o si la capacidad de la bomba es baja, el forzar aire a través de la tela rápidamente basta.

El filtro prensa generalmente se construye de fierro vaciado por su durabilidad y fuerza, pero se puede hacer de otros materiales de acuerdo a los requerimientos de resistencia química.

La operación del filtro comprende tres pasos:

1) Formación de torta, 2) lavado, 3) descarga y limpieza.

El **filtro Merrill** es un filtro prensa del tipo standard de plato y marco con un sistema de acanalamiento que facilita la descarga de la torta al abrir la prensa, todos los marcos están conectados a un cabezal común donde descarga una bomba generalmente centrífuga que bombea el alimento a través de los medios filtrantes.

Este filtro se usa donde se permite la torta mojada y se requiere trabajar gran cantidad de lodos, especialmente en el proceso de cianuración de oro y plata precipitado del cianuro con poivo de zinc.

#### **Ventajas del filtro prensa plato y marco.**

- a) Costo inicial bajo.
- b) Operación comparativamente simple.
- c) Poco trabajo manual, sin necesitar el simple operador ser especializado ni entrenamiento previo.
- d) Aparatos auxiliares modestos: Tanque le lodos, bomba, línea de agua y tanques de almacenamiento de filtrado y lavado.
- e) Partes fácilmente reemplazables.
- f) Larga duración de la prensa.
- g) En el tipo abierto, el filtrado de cada marco puede chequearse y cambiar un plato sin parar toda la prensa.
- h) El filtro puede ser variado de capacidad de torta y área filtrante, usando solamente las cámaras desecadas hasta un máximo.

Pueden embarazarse los medios filtrantes o los orificios de entrada en cada marco; para prevenir ésto se usa ayuda filtro en pre-barnizado, o si la capacidad de la bomba es baja, el forzar aire a través de la tela rápidamente basta.

El filtro prensa generalmente se construye de fierro vaciado por su durabilidad y fuerza, pero se puede hacer de otros materiales de acuerdo a los requerimientos de resistencia química.

La operación del filtro comprende tres pasos:

1) Formación de torta, 2) lavado, 3) descarga y limpieza.

El **filtro Merrill** es un filtro prensa del tipo standard de plato y marco con un sistema de acanalamiento que facilita la descarga de la torta al abrir la prensa, todos los marcos están conectados a un cabezal común donde descarga una bomba generalmente centrífuga que bombea el alimento a través de los medios filtrantes.

Este filtro se usa donde se permite la torta mojada y se requiere trabajar gran cantidad de lodos, especialmente en el proceso de cianuración de oro y plata precipitado del cianuro con polvo de zinc.

#### **Ventajas del filtro prensa plato y marco.**

- a) Costo inicial bajo.
- b) Operación comparativamente simple.
- c) Poco trabajo manual, sin necesitar el simple operador ser especializado ni entrenamiento previo.
- d) Aparatos auxiliares modestos: Tanque le lodos, bomba, línea de agua y tanques de almacenamiento de filtrado y lavado.
- e) Partes fácilmente reemplazables.
- f) Larga duración de la prensa.
- g) En el tipo abierto, el filtrado de cada marco puede chequearse y cambiar un plato sin parar toda la prensa.
- h) El filtro puede ser variado de capacidad de torta y área filtrante, usando solamente las cámaras deseadas hasta un máximo.

- i) No se daña el filtro prensa o se sobrecarga con la torta, como puede sucederle al filtro de hojas.
- j) Trabaja en variedad de presiones hasta altas.
- k) Se pueden construir resistentes a corrosión.
- l) Las unidades son compactas.

#### **Desventajas del filtro prensa plato y marco:**

- a) Alto costo de operación (intermitente).
- b) Dificultad en el lavado de la torta, debido a lo comprimido de ésta por la presión, lo que da lugar a largo tiempo inefectivo.
- c) Gran consumo de vestiduras porque éstas se dañan al abrir y cerrar el filtro, pues tallando los bordes de la tela que sirven como empaque entre el plato y el marco, no se puede esto remediar si nó es cambiando esa tela desmantelando esa unidad.

#### **Filtro Prensa de Plato y Ceja.**

Es más simple en construcción que el de plato y marco; consiste en platos con bordes gruesos que forman una cámara entre las superficies de dos platos adyacentes. El alimento pasa al plato por el centro o por un lado.

#### **Desventajas:**

- a) Los bordes del plato oprimen el medio filtrante que sirve como empaque y le imponen un trato muy severo.
- b) El grueso de la torta es limitado.
- c) Una zona suave en la torta se forma con frecuencia alrededor del centro del canal de alimentación, por lo que ésta no es uniforme y dificulta su lavado.

#### **Ventajas:**

- a) Costo inicial más bajo.

b) *No se obstruyen las telas cuando trabaja con materiales gruesos.*

### **Filtros a Presión de Hojas.**

*Pueden ser de hojas Rotatorias o Estacionarias.*

*En el primer caso siempre son las hojas circulares con eje al centro o excéntrico.*

*En el segundo caso las hojas pueden ser cuadradas, rectangulares o circulares.*

*Sólo el diseño rotatorio puede ser continuo para las soluciones que forman torta rápidamente. El tipo continuo más moderno, es una combinación del rotatorio intermitente a presión y del rotatorio continuo de vacío, con controles especiales para descargar.*

#### **I.—Filtro de Hojas Verticales. Rotatorio Continuo a Presión.**

*Consta de una caja que encierra unos discos del tipo estacionario a un eje central conectadas por medio de una válvula del tipo de disco de vacío blowback para uso a dos presiones, una regulada por la filtración y otra más alta para descargar. La parte más baja de la caja tiene la entrada de la alimentación por medio de una bomba generalmente centrífuga.*

*El nivel de los lodos se guarda por un flotador a una altura predeterminada de manera que las hojas queden con medio sumergido.*

*Hay controles especiales para la válvula de disco, para la presión del gas inerte, para el nivel de lodos y para prevenir la sobrecarga.*

**Operación:** *Al mismo tiempo que entra el alimento, un gas inerte o aire, mantiene una presión sobre los lodos forzando al líquido a pasar a través del medio filtrante formando la torta. Cuando los discos emergen de los lodos, la torta puede ser lavada por unas espigas a presión más alta que la de la caja.*

*Trabaja a poco más de 100 lbs/pul<sup>2</sup>, formando tortas de 1/8".*

*Para la descarga se abre la válvula de descarga entrando*

gas inerte o aire a mayor presión, desalojando el lodo residual por la alimentación o contra, la torta cae a unos transportadores al fondo y es descargada.

**Ventajas:** Operación continua, torta uniforme, fácil de lavar y de descargar. Torta más seca que en filtro de vacío. Trabaja en amplio margen de temperatura.

**Desventajas:** Muy costoso; muchos controles para sincronizar la operación. De este tipo es el Vallez, donde cada disco está formado por dos láminas de metal perforado separadas por un aro, sobre las cuales se colocan las telas filtrantes de algodón. Cada disco filtra como una unidad y su filtrado pasa al eje colector general de salida del líquido, unas abrazaderas especiales aseguran la separación de los discos y la rigidez del haz. Gracias a su sistema de acoplamiento el haz puede desmontarse fácilmente con independencia de los soportes, órganos de movimiento, etc. La caja dentro de la cual gira el haz filtrante, consta de dos partes: Una inferior que lleva el tornillo de Arquímedes, evacuador de las tortas, con una puerta de descarga y los tubos de conducción de filtrado y agua de lavado; y una parte superior con los registros para vigilancia y el tubo para la esprea de lavado de los discos y unas puertas de inspección que permiten a cada momento conocer el espesor de la torta.

Para reemplazar un disco, es necesario levantar la parte superior de la caja, sacar el haz filtrante y sacar los discos anteriores hasta llegar al defectuoso.

De accesorios tiene un revolvedor de lodos de voluta a la entrada de éstos al filtro.

## **II.—Filtro de Hojas Verticales. Rotatorio Intermitente de Presión.**

Es semejante en construcción al anterior, tiene válvulas de entrada de alimento, agua de lavado y aire comprimido y válvulas de salida: de filtrado, de agua de lavado, de exceso de lodos y de descarga y una en la parte superior, de sobrellujo.

Los discos están montados dentro de la caja sobre un eje rotatorio en que cada hoja forma una unidad separada que puede removerse independientemente.

**Operación:** Estando todas las válvulas del filtro cerradas, excepto la de alimento y la de sobreflujo, se ponen a girar las hojas, se deja entrar la alimentación hasta que ésta aparece por la válvula de sobreflujo, se cierra entonces esta última y se sigue alimentando a presión girando las hojas. Cuando el filtrado fluye lentamente o cesa, la torta tiene el espesor máximo permitido y entonces se cierra la válvula de alimento. Se abre la de exceso de lodos y la de aire comprimido, salen éstos y cuando la presión del aire cae rápidamente denota que la torta está casi libre de humedad, se suspende el aire, de lo contrario se secará demasiado y correrá peligro de desprenderse del plato.

Si la torta se lava, antes de la entrada de aire se abre la válvula de agua de lavado y la de sobreflujo, cuando ésta aparece por el sobreflujo se cierra la última y se trabaja como si estuviera filtrando. Enseguida para quitar el excedente de humedad se efectúa la operación del soplado descrita anteriormente.

Para descargar la torta empieza a trabajar el tornillo transportador del fondo, se mete aire a contra corriente que descarga la torta.

En caso que la torta pueda ir mojada se puede sacar por medio de espreas que tiene el filtro a cada lado de las hojas y con vapor que proviene de tubos colocados a intervalos correspondientes a cada una de las hojas.

**Ventajas:** Poco trabajo de operación, tortas uniformes por la rotación, descarga fácil y rápida de la torta así como la limpieza de las telas.

**Desventajas:** Ciclos muy pequeños, rara vez económicos. Uso sólo en clarificación.

Tipos de esta clase son el Cankey y el Swenson.

### **III.—Filtro Estacionario Vertical Intermitente de Hojas de Presión.**

Descripción similar al rotatorio, sólo que el eje al que están conectadas las hojas, es fijo.

La unidad está dividida por el centro horizontalmente. La mitad superior es fija y la inferior se abre para hacer la lim-

pieza del interior. Los bordes de las dos mitades están perfectamente maquinados y con empaque para facilitar el cierre hermético del filtro.

El prototipo de este filtro es el Sweetland, en que la hoja es circular con un anillo U sujeto al borde inferior, que da solidez a la hoja, evitando que se dañe la vestidura que está soportada sobre tela de alambre. Tiene dispositivos especiales de lavado de torta consistentes en un tubo que se extiende a lo largo del filtro, dentro del casco y por sobre los elementos filtrantes con boquilla intercalada a la distancia correspondiente a cada hoja. Un dispositivo automático de movimiento del tubo permite dirigir los chorros de agua sobre las dos caras de los elementos filtrantes.

Las hojas están suficientemente retiradas, lo que permite una separación automática de las tortas y una uniformidad de lavado por toda la superficie, así como una uniformidad en la presión durante la filtración.

La descarga de la torta se efectúa abriendo la mitad inferior de la caja, se mete aire a presión baja dentro de las hojas, lo que las infla desprendiendo la torta que cae a un transportador helicoidal puesto bajo el filtro.

**Ventajas:** Ocupa poco espacio de piso y se puede inspeccionar el filtrado de cada hoja.

**Desventajas:** Tortas no uniformes por la falta de agitación, por lo que hay cierta dificultad en el lavado y secado. Tendencia de la torta a caer de las hojas. El abrir el fondo causa a veces fuga de líquido no filtrado. Por lo estacionario de las hojas, cerradas dificultan su descarga y abiertas causan pérdida de tiempo y trabajo. Maltrato de las vestiduras.

#### **IV.—Filtro de Hojas Verticales Estacionario con Carro.**

Consta de un cilindro horizontal de fierro resistente a presión encerrando un número determinado de hojas rectangulares o circulares que están soportadas sobre unas guías horizontales con correderas y sujetas a la cabeza móvil del filtro que se desliza.

El prototipo de este filtro es el Kelly que es construído para presiones generalmente de 60 lbs/pul<sup>2</sup>, pero en ocasiones hasta para más de 250.

Las hojas son rectangulares y tienen todas la misma longitud pero con espesor decreciente del centro hacia las orillas.

El filtrado sale de cada hoja por la esquina superior y se descarga por una salida general a la cabeza del filtro, provista de válvula.

La descarga de la torta se hace sacando las hojas por el mecanismo de los rieles, ésta cae por su propio peso y ayudada por medio de un chillón de aire.

Este filtro se puede adaptar a trabajos a temperaturas bajo cero debido a la facilidad de aislamiento. La operación es similar a la del anterior tipo, sólo difiere en la descarga.

Los más grandes filtros son del tipo Twin que son dos filtros encontrados montados sobre las mismas guías usando las mismas correderas. Las dos partes de la unidad son abiertas y cerradas automáticamente.

El Kelly compete con el interminente de vacío en las operaciones de cianuración en la manufactura del azúcar y también en la refinería del petróleo.

**Ventajas:** Puede trabajar tanto a altas como a bajas temperaturas. Todas sus partes son accesibles sacando el carro y se puede inspeccionar la torta antes de descargar.

**Desventajas:** Gran espacio de terreno. Tendencia al atascamiento. Si la torta se forma muy aprisa, hay demasiado trabajo en abrir y cerrar el filtro. Las hojas verticales requieren mucho cuidado para que la torta no caiga antes de tiempo. Con frecuencia para limpiar las telas se requiere, además de aire, raspar con palas de madera cosa que acaba con las vestiduras.

#### **V.—Filtro Horizontal Estacionario de Disco.**

Es una caja con entrada del alimento en la parte inferior, con hojas circulares, lijas horizontalmente a un eje vertical que

de la salida del filtrado. Tiene tapa en la parte superior que se abre o se cierra manualmente.

*Capacidad y tamaño de 1.5 a 30 los gal.*

**Ventajas:** Conservación simple, ocupa poco espacio, todas sus partes son desmontables con facilidad y únicamente se atasca durante la manipulación de la arena.

**Desventajas:** Si uno se limita a la clarificación.

### **Fl.—Filtro Mecánico Empleado de Placas Sumergidas.**

Es una placa vertical con alimentación en un extremo lateral lateral y tiene conexiones con medio filtrante únicamente en la parte superior, la alimentación se reparte por sobre todas las placas y se filtra de arriba hacia abajo, saliendo el filtrado por un eje central.

En la parte superior tiene tapa para elección la limpieza.  
*Capacidad de 1 a 40 los gal.*

**Ventajas:** Puede pararse al interrumpir la filtración no hace riesgo de caer la arena, ocupa poco espacio.

*Reemplaza el agua del medio filtrante o limpieza del mismo.*

**Desventajas:** Idénticamente, limpieza del medio fuera del filtro y sólo sirve para poca capacidad.

### **Filtro de Presión Cilíndrico Revolucionario Intermittente**

Tiene un motor lateral en un cilindro rodeado por un eje central para el filtrado en ambos sentidos, que sirve también para lavar tanto el medio como el filtro. La presión es de 10 a 15 lb. por el cilindro y 40 lb. por el eje del eje.

Para el funcionamiento se conecta con el Fl. II. El funcionamiento es intermitente y el tiempo de trabajo es de 10 a 15 minutos por hora, en una hora se puede lavar la arena.

**Ventajas:** Puede trabajar para la clarificación y para la limpieza y para el lavado.

**Desventajas:** Es intermitente, con varias etapas de lavado y descarga. No se puede obtener torta seca.

Se usa en metalurgia, pigmentos y pinturas.

El prototipo de este filtro es el Burt.

### **Filtro de Presión Continua de Barril.**

Es similar a los filtros de vacío excepto que el barril es encerrado en una caja y la presión directa es usada para la filtración.

Por la dificultad estructural de encerrar en un vaso de presión un barril en tamaño grande, las presiones usadas rara vez llegan a 20 ó 25 lbs/pul<sup>2</sup>.

Los filtros de este tipo son usados para solventes volátiles y para trabajar a temperaturas elevadas. Su funcionamiento es complicado, requiere mucho espacio y su construcción es muy costosa.

### **Filtro Estacionario de Cilindro a Presión.**

Está formado por dos cilindros concéntricos, el exterior resistente a la presión y el interior de material poroso o soporte de tela de alambre como medio filtrante. Están colocados en posición vertical pudiéndose destapar del fondo para la limpieza. La entrada del alimento es una parte lateral superior y la salida del mismo lado pero casi al fondo, comunicando el centro del cilindro interior que contiene el filtrado al exterior del filtro.

Se usa poco por su alto costo y difícil limpieza.

### **Filtro de Presión con Falso Fondo.**

Es construido similarmente a los filtros de falso fondo de vacío: Esférico, con falso fondo a la mitad (horizontal) donde tiene el medio filtrante; con entrada en la parte superior y salida por el fondo. Se abre el emisiclo superior sobre el falso fondo, para la descarga y limpieza.

Se puede construir en tamaños variados. Los chicos casi siempre son de cerámica y son usados para materiales corrosivos

o volátiles. Los grandes se construyen de hierro vaciado y llevan sobre el falso fondo arena, carbón, zeolita o material similar. Se usan para filtrar agua.

### **Filtro Magnético.**

Está formado por dos cilindros concéntricos, comunicados en el fondo por el espacio anular entre los dos. El alimento entra por un lado en la parte superior, choca al fondo con un imán y sube por el centro, encontrándose a su paso con el medio filtrante. A la salida hay otro imán y por fin el filtrado sale por el lado opuesto a la entrada.

Se usan para separar fierros, rebabas y limaduras, de aceite.

### **Filtro de Bordes a Presión.**

Hay muchos tipos pero tienen como principio funcional el de usar hojas laminadas colocadas al paso de la corriente. El espacio entre las hojas determina la retención de los sólidos. La permeabilidad puede ser controlada por el ajuste final o compresión de las hojas, por espaciadores o separadores. Es de construcción similar al magnético pero el cilindro central está formado por las hojas; el líquido entra a través de ellas y sale por el centro.

Entre los anillos metálicos se empaqa con material fibroso por ejemplo fibra de papel comprimida, para obtener una clarificación hasta de las partículas más pequeñas.

Cuando la velocidad del flujo cae, el filtro se limpia por sopleteo con aire, cepillado del elemento filtrante, reemplazo del empaque o por lavado contra corriente.

El prototipo de este filtro es el Streamline que se usa ampliamente en la recuperación del aceite; los tamaños pequeños son usados en filtración de gasolina en los motores de automóvil, entre el tanque de la gasolina y la bomba del combustible. Se adapta a presión empacando con asbesto, en la industria del vino

## **FILTROS DE VACIO:**

### **1) Filtro de Bandas.**

Consta de una banda hecha de medio filtrante flexible, llevada por rodillos que están perforados y son cajas de vacío. Hay espreas para el lavado de la torta y la descarga es hecha por raspado.

El paso de la banda sobre la caja de vacío provoca con facilidad fugas de vacío, ésto añadido a la dificultad de limpieza son inconvenientes del presente diseño de filtro, por lo cual se usa poco.

### **2) Filtro de Discos de Vacío.**

Está construído de una o más hojas de filtro, montadas verticalmente sobre un eje central horizontal y suspendidas dentro de un tanque.

Cada disco está dividido en un número de sectores separados independientemente y conectados al eje central por medio una válvula múltiple.

Los sectores son intercambiables y fácilmente se mudan de vestido. El eje central lleva la trasmisión de movimiento cuya velocidad es baja como una revolución cada 6 minutos.

**Ventajas:** Ocupa poco espacio, es más barato que el filtro de barril por unidad de área y los discos divididos en sectores separados economizan tela filtrante. Puede ser construído de gran capacidad.

El prototipo de este filtro es el American.

### **3) Filtro de Vacío de Barril Rotatorio Continuo de Simple Compartimento.**

Es necesariamente de construcción pesada y de tamaño más limitado por la misma razón.

El barril consiste de una placa rolada perforada y cerrada en los extremos por placas soldadas, tiene un refuerzo de aro al centro.

Es un solo para los materiales de filtración libre, casi exclusivamente bicarbonato de sodio, carbonato de calcio y sales solubles.

**Ventajas:** Ocupa menos vacío que otros tipos de filtro de este tipo. La simplicidad de la máquina en operación continua, no hay válvula múltiple ni líneas de tubos internos a excepción de la línea del manómetro de salida del filtrado; la construcción pesada a veces permite usar rodillos de presión para exprimir la torta a unos 1/100 lbs pul. Esto nos permite usar agua de lavado hacia adelante, cosa que nos da tortas muy secas y limpias.

**Desventajas:** La falta de compartimientos separados no permite lavar separadamente el filtrado de las distintas secciones. La construcción pesada resulta muy costosa.

#### 4) Filtro de Vacío de Múltiples Compartimientos de Barril Rotatorio.

El barril de este tipo se divide longitudinalmente en un número de compartimientos uniformes. Cada uno de ellos está conectado separadamente a una válvula central automática diseñada para admitir vacío o aire a presión, según pase la acción por delante, esta el alimento o por la navaja separadora (doctor).

Podemos dividir la operación en cinco fases que forman un ciclo: Filtrado, Encamamento, Lavado, Desecación y Limpieza.

En las cuatro primeras permanece aplicado el vacío y en la quinta entra aire a presión. Todas ellas se efectúan sucesivamente en el tiempo en que el filtro da una vuelta.

##### **Ventajas:**

Filtración rápida con limpieza continua y automática, con un mínimo de mantenimiento; torta delgada uniforme y porosa, fácil de lavarse y secarse; compenencia del filtrado y agua del lavado; sencillez y flexibilidad de operación.

##### **Desventajas:**

Exige un espacio por su gran filtración en desventaja con el filtro de vacío. No puede ser usado a temperaturas

Se usa sólo para los materiales de filtración libre, casi exclusivamente bicarbonato de sodio, carbonato de calcio y sales insolubles.

**Ventajas:** Ocupa menos vacío que otros tipos de filtro de su clase. La simplicidad de la máquina en operación continua. No hay válvula múltiple ni líneas de tubos internos a excepción de la línea del muñón de salida del filtrado, la construcción pesada a veces permite usar rodillos de presión para exprimir la torta a unas 1,000 lbs. pulg., esto nos permite usar agua de lavado hasta inundar, cosa que nos da tortas muy secas y limpias.

**Desventajas:** La falta de compartimientos separados no permite examinar separadamente el filtrado de las distintas secciones. La construcción pesada resulta muy costosa.

#### 4) Filtro de Vacío de Múltiples Compartimientos de Barril Rotatorio.

La periferia de este barril está dividida longitudinalmente en un número de compartimientos uniformes. Cada uno de ellos está conectado separadamente a una válvula central automática, diseñada para admitir vacío o aire a presión, según pase la sección por donde está el alimento o por la navaja separadora (doctor).

Podemos dividir la operación en cinco fases que forman un ciclo. Filtración, Examinamiento, Lavado, Desecación y Limpieza.

En las cuatro primeras permanece aplicado el vacío y en la quinta entra aire a presión. Todas ellas se efectúan sucesivamente en el tiempo en que el filtro da una vuelta.

#### **Ventajas:**

Filtración rápida con limpieza continua y automática, con un mínimo de mantenimiento, torta delgada uniforme y porosa, fácil de lavarse y secarse, separación del filtrado, y agua del lavado gran capacidad y flexibilidad de operación.

#### **Desventajas:**

Espera ocupado por área de filtración en desventaja con el filtro de discos de vacío. No puede ser usado a temperaturas

altas ni muy bajas. No se puede elevar demasiado la presión diferencial, máxima de 13 a 14 lbs pul". En solventes volátiles es necesario usar una tapadera y un sistema de recirculación y control por lo que es preferible usar operación intermitente.

Se puede construir de hierro vaciado, madera bronce níquel, monel, acero inoxidable, hule o plástico según los requerimientos de propiedades físicas y químicas.

El prototipo de este filtro es el Colver.

El Falso es del mismo tipo pero difiere en que la torta no es separada por cuchillas sino por un sistema de cordones que están torcidos al central y levantan la torta sin usar aire o presión para ello sino que esto se suspenso el vacío.

El Syntro-Drum está formado por los barriles sincronizados girando en dirección opuesta, teniendo siempre una considerable porción del ciclo y se necesita una construcción muy exacta para obtener una economía en su operación.

El Hopper tiene el principio del falso fondo arrojando al rededor del eje central. La alimentación es entregada en un punto con inclinación de unos 25 grados sobre el falso, el vacío se aplica fuertemente en ese punto mientras que en los filtros enumerados anteriormente de este tipo, el vacío es aplicado desde el momento en que el barril entra en el depósito de alimentación y absorbe la sustancia a filtrar, hasta el momento de destargar la torta.

## 5) Filtro de Hojas de Vacío Verticales Continuo.

Tiene generalmente hojas cuadradas, de construcción similar a la de los filtros de hojas intermitentes.

Las hojas son estacionarias durante el ciclo de filtración. El alimento es admitido hasta que las hojas están dentro del tanque y se les aplica el vacío, cuando la torta se ha formado el alimento es bombeado a un tanque de almacenamiento y entra ahí el agua de lavado. Se mantiene el vacío para evitar que la torta caiga y terminado el lavado, esa solución se bombea fuera. Para la descarga entra aire a presión a contra corriente y la torta sale dándole salida.

**Ventajas:**

Filtración automática relativamente barata por pie de área cuadrada de filtración. Control flexible.

**Desventajas:**

Atascamiento y frecuente cambio de medio filtrante. El prototipo de este filtro es el Butters.

**6) Filtro de Hojas de Vacío Vertical Intermitente.**

Construcción y operación s.milar al anterior, sólo que es en tres tanques separados. De alimento, de lavado y de descarga.

**Ventajas:**

Observación continua entre una operación y otra. Control bastante fácil. Descarga y limpieza mecánicas con poco trabajo humano.

**Desventajas:**

Dificultad en el cambio de medios filtrantes y conexiones flexibles; peligro de que la torta caiga en el paso de un tanque a otro.

El prototipo de este filtro es el Moore. Filtro de vacío que fue el primero hecho en escala comercial.

**7) Filtro de Vacío de Falso Fondo.**

Construcción muy semejante a los filtros de gravedad. El vacío se aplica entre el falso fondo y el fondo de verdad. ....

**Ventajas:**

Muy simple, filtración rápida, lavado efectivo, limpieza y cambio de medio filtrante rápido excepto para los de medio filtrante rígido.

**Desventajas:**

Se limita a tamaños chicos y su operación es manual.

## C A P I T U L O I I

### DESCRIPCION DEL FILTRO DE HOJAS Y DETALLES DE SU CONSTRUCCION.

El filtro de hojas es una caja de fundición de aluminio resistente a la presión, que mide 23.5 cms. (9 1/4") por 22 cms. (8 3/4") de base y 29.7 cms. (11 13/16") de alto; con una tapa anterior por la que sale el cabezal de descarga del filtrado por un orificio a 6 cms. (2 3/8") del borde superior y una tapa posterior en la que tiene a 6 cms. (2 3/8") del borde inferior y al centro un tubo de aluminio de 1/2" soldado para la entrada del alimento; empacadas y fijas al cuerpo por 18 tornillos de 1 1/4" de largo por 1/4" de grueso, de cabeza exagonal con tuercas.

El cuerpo de una hoja está formado por un marco hecho de canal de aluminio reforzado de 1" que mide 15.5 cms. (6 3/16") por lado, con un cuadro de tela de alambre galvanizado de 36 mallas por pulgada cuadrada y un medio filtrante de lona gruesa, fijos a cada lado del marco de canal con un marco de solera de aluminio de 1" por 1/8", con un tornillo en cada esquina y uno en la parte superior.

Todos los orificios hechos en los canales de aluminio están con un tubo de cobre introducido para reforzar los bordes.

El marco de canal tiene a un lado un orificio con niples de tubo de aluminio de 3/16" soldado para la salida del filtrado que se conecta por una tuerca niple al cabezal de salida general de 3/8".

El cuerpo filtrante de esta unidad está formado por tres hojas como la anteriormente descrita, conectadas al cabezal general a

una distancia de 6 cms. ( $2 \frac{3}{8}$ " ) una de otra y guardan solidez en sus distancias por medio de dos varillas de 15.52 cms. ( $6 \frac{3}{16}$ " ) roscadas en las puntas que atraviezan a las tres hojas en los extremos laterales y que conservan un tubo espaciador de aluminio, de 2.25 cms. ( $52/64$ " ) de largo por  $3/16$ " de diámetro, entre una hoja y otra, atornillándose en los extremos sobre el exterior de la primera y tercera hojas. En esta forma le dan al haz de hojas una rigidez firme y resistente.

El tubo o cabezal de salida del filtrado es de bronce y a su paso por el orificio de la tapa anterior tiene rosca con tuerca de un lado, empaque al centro y contratuerca del otro lado, que aseguran lo hermético del orificio.

La tubería y conexiones constan de:

- a) El depósito de alimentación.
- b) Tubería que lleva el alimento del depósito a la bomba.
- c) Bomba.
- d) Conexiones y el By-Pass o salida lateral de líquido para regular la presión.
- e) Entrada del alimento al aparato.
- f) Salida o descarga del filtrado.

El depósito de alimentación puede ser cualquier recipiente de una altura máxima de 57 cms. ( $21 \frac{3}{8}$ " ) para que pueda colocarse bajo la tubería de admisión.

La línea de admisión es de tubo de aluminio de  $1/2$ " , su punta está a 26 cms ( $10 \frac{3}{16}$ " ) del piso. Mide 31 cms. ( $12 \frac{13}{64}$ " ) y va acoplado en posición vertical a un codo del que sigue un niple de 15 cms. ( $5 \frac{57}{64}$ " ), luego una reducción de copa de  $1/2$ " a  $3/8$ " ; después otro niple de 3 cms. ( $13/16$ " ) de largo introducido a la admisión de la bomba.

La bomba es de tipo de engranes totalmente construída de bronce con admisión y descarga de  $3/8$ " .

En seguida la bomba descarga en un niple corrido de  $3/8$ " que entra a otra reducción de copa de  $1/2$ " a  $3/8$ " y sale de ésta un niple corrido de  $1/2$ " que está acoplado al otro lado a una T que al frente tiene el tubo de entrada del alimento al

filtro y en su rama lateral un niple de 1/2" acoplado a una válvula de globo que actúa como by-pass o escape a la presión del aparato por medio de la cual se puede regular dicha presión; a esta válvula está roscado un tubo de 1/2" que en la otra punta tiene una reducción de copa de 1/2" a 3/8" con un pequeño niple de 3/8" roscado y su otra punta libre, la cual se introduce y fija por ajuste a una manguera que vuelve el exceso de alimentación al depósito o a donde se desee.

La salida del filtrado es el cabezal de bronce de 3/8" donde descargan las hojas como ya se describió. Tiene 16 cms. (6 19/64") dentro del filtro y sale por el orificio de la tapa anterior hasta 12 cms. (4 6/8") al frente de ésta en que tiene un codo que descarga perpendicularmente hacia abajo en un niple de 3/8".

**Nota:** Toda la tubería y conexiones son de aluminio a excepción de las reducciones de copa, la T y los niples corridos, que no se pudieron conseguir de este material y son de fierro galvanizado o protegidos con pintura de aluminio.

La caja está montada sobre una base de 24.5 cms. (9.5/8") por 16 cms. (6 19/64"), fija a ella por unas abrazaderas de solera de fierro de 5/8" por 1/8". Esta base tiene cuatro patas de ángulo de fierro de 1" por 3/16" que la sostienen a 53 cms. (20 7/8") de altura. Por uno de los lados mayores la base lleva soldada al centro y abajo un solera de 2" por 1/4" de 30 cms. (11 6/8") de largo que sirve de base a la bomba y tiene otra pata de sostén en la punta.

El banco tiene una altura de 53 cms. (20 7/8") con 46 cms. (18 1/16") de largo en su parte superior y 56 cms. (22") en el piso, con 24.5 cms. (9 5/8") de ancho en la parte superior y 36.5 cms. (14") en la punta de las patas.

La longitud total del aparato, con bomba y conexiones es de 85 cms. (33 3/8") y el ancho máximo de 50 cms. (19 5/8").

A una altura de 12 cms. (4 3/4") del piso, las cinco patas llevan un refuerzo de ángulo y solera en forma de pentágono irregular que en dirección de la polea de la bomba lleva una base para sostener el motor sobre los refuerzos de ángulo.

En la parte superior izquierda la caja lleva incertada la conexión del manómetro, el cual es para una presión máxima de 230 lbs/pul<sup>2</sup>.

Para la construcción de este aparato se tropezó con infinidad de problemas de los que pasaré a enumerar algunos:

La caja de fundición. Esta fundición de aluminio fue, como es costumbre entre nuestros fundidores, el producto de derretir cuanto desperdicio de este metal se encuentran junto con lingotes que adquieren sin cuidar de su pureza ni de su clase. Con un control muy deficiente en cuanto a temperatura y demás factores que afectan la fundición, lo cual dió por resultado una fundición mala: Porosa, con burbujas y cuarteaduras al enfriarse. Se tuvo que fundir de nuevo y ya quedaron sólo las tapas en muy malas condiciones, una de las cuales hasta que se fundió cuatro veces cambiando dos veces fundidores y se dejó más gruesa maquinándola después quedó bien.

La caja quedó algo falla en una de las cejas que al trabajar apenas a 120 lbs/pul<sup>2</sup> se reventó, después de lo cual se llevó a soldar y se arregló quedando bien.

La soldadura del tubo de entrada del alimento a la placa posterior, también presentó serias dificultades porque se cuarteaba al enfriarse.

Fue imposible conectar el haz de hojas a un colector de aluminio, pues al soldarle las tuercas a dicho colector para atornillar ahí las hojas, se torcía. Aunque se hizo quedar en posición de acoplarle las tres hojas, la rosca en que se fijan las mismas, por ser también de aluminio, se trasroscaba con mayor facilidad, de manera que se optó por meterle ese cabezal de bronce con tuercas de fábrica, también de bronce, soldadas para sujetar dichas hojas.

El canal de aluminio de 1" que forma la ceja de las hojas no resistía la presión, por lo que hubo necesidad de meterle cuatro refuerzos soldados entre una esquina y otra del marco.

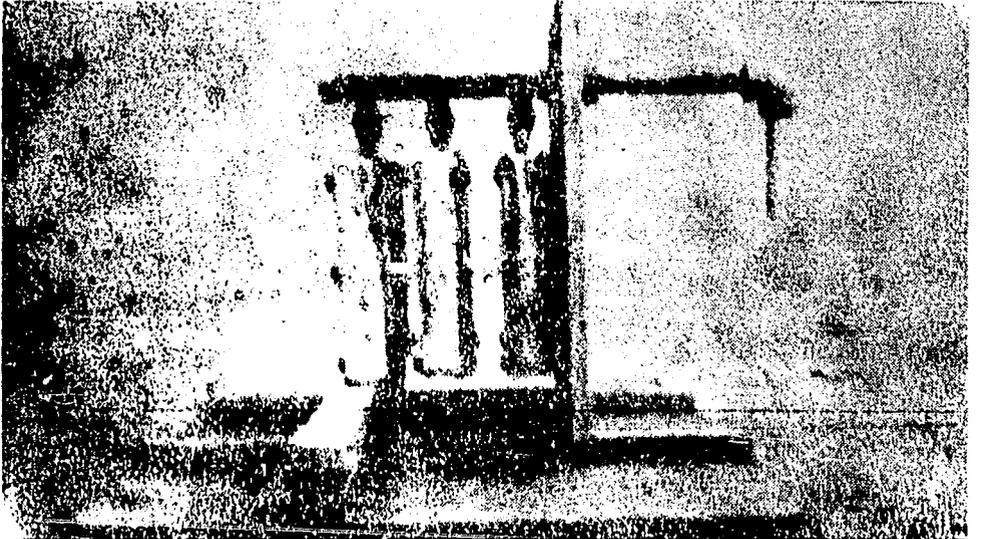
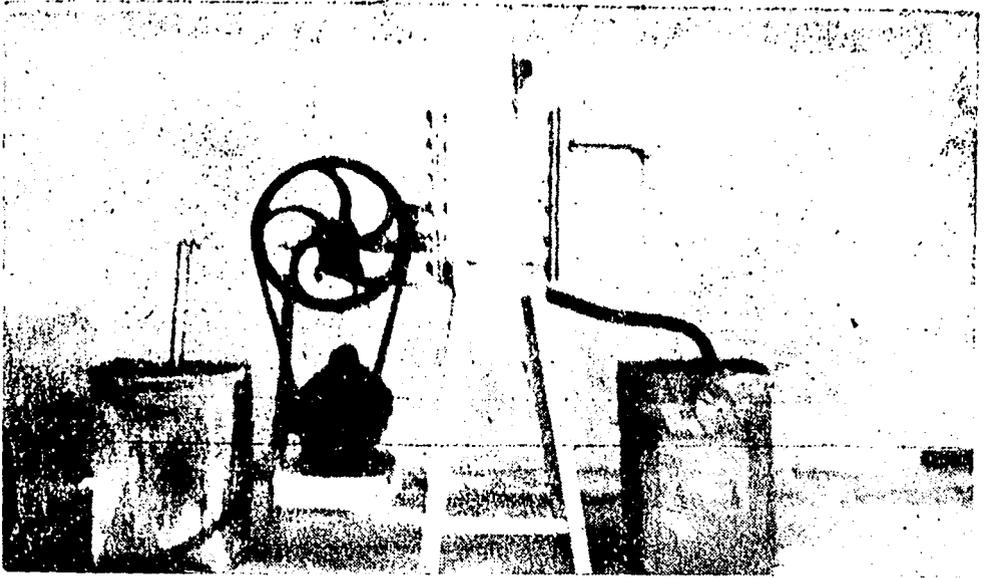
Asimismo la tubería de aluminio presentó sus dificultades, particularmente para tarrajarse, debido a su gran fragilidad y una resistencia al corte mayor que la que presenta a la flexión y, sobre todo su adherencia al acero, cosa que da por resultado

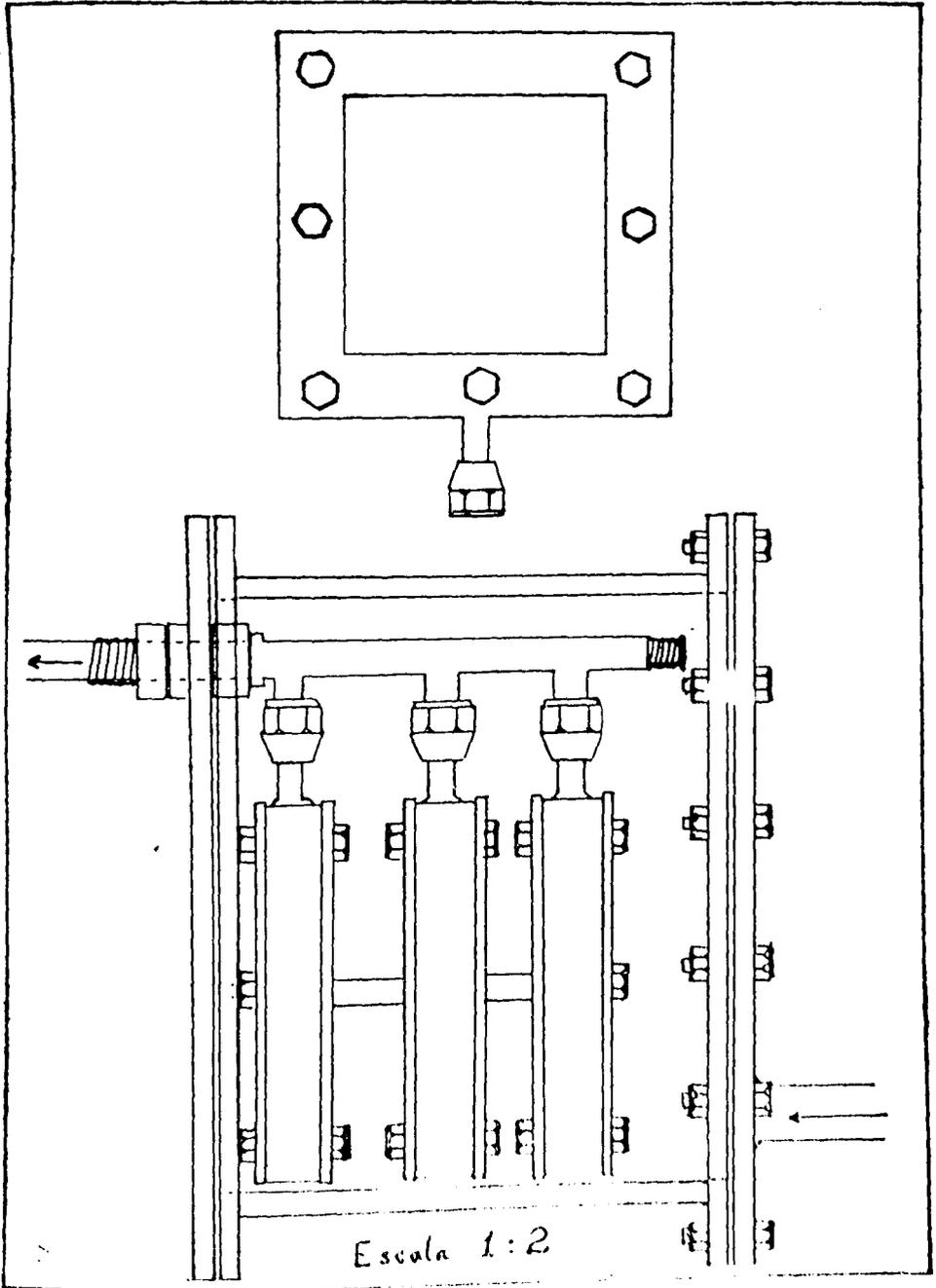
que las rebabas van obstruyendo la rosca de acero de la tarraja cuando se sacan del tubo y después de esto la tarraja ya no abre más rosca sino que barre los hilos ya hechos sobre el tubo de aluminio.

Después de probar varios aceites cortantes y lubricantes, se encontró que el petróleo diáfano solo, o mejor aún, una mezcla de petróleo en emulsión con guayule (solución de hule con solvente) dá buenos resultados.

Lo que no se puede evitar es el riesgo de que con manejo rudo (levantando el aparato usando la tubería de sostén) se rompa ésta por sus partes débiles que son las roscas.

La bomba se compró y su instalación no presentó problemas. A continuación véase fotos del Filtro y plano a Escala.





Escala 1:2

## CAPITULO III

### FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del aparato es obvio: La bomba de engranes, impulsada por el motor por medio de un juego de poleas y banda, absorbe el alimento del depósito y lo introduce a presión en la caja cerrada.

Esta presión del lodo alrededor de las hojas, forza al líquido a pasar a través de los medios filtrantes, el cual llena las cavidades y fluye por el tubo que une la hoja al colector general saliendo por éste, mientras que las partículas sólidas son retenidas por la tela formando la torta.

Su funcionamiento puede electuarse en 2, 3, o 4 pasos, según el uso que se de al filtro:

En **dos pasos** que son: Formación de la torta. Descarga de la torta. Estos dos pasos se usan cuando se trata de obtener un líquido con el mínimo de sólidos en suspensión, sin importar que se pierda algo de éste y desechando la torta.

En **tres pasos**: Formación de torta. Lavado. Descarga. Este procedimiento se usa cuando lo que nos interesa son los sólidos contenidos en la torta despreciando el líquido.

En **cuatro pasos**: Formación. Lavado. Secado. Descarga de la torta. Cuando tanto los sólidos como los líquidos nos son útiles, es cuando se utiliza este procedimiento.

En el primer caso la capacidad del filtro se mide en litros sobre segundo por metro cuadrado de área filtrante.

En el segundo caso, se mide la capacidad en kilos sobre segundo por metro cuadrado de área filtrante.

Pasaremos a describir ligeramente cada una de las cuatro etapas de trabajo.

**Formación de torta.** En la rapidez de formación de torta influye:

- a) La velocidad de flujo.
- b) Compresibilidad de torta.
- c) Concentración de sólidos.
- d) Agitación.
- e) Temperatura.
- f) El pH.
- g) Impurezas que traiga el lodo.

De los cuatro primeros factores se comprende muy claramente la razón por la que afectan a la formación de torta. En cuanto a la temperatura, su acción se debe a que al aumentar ésta, generalmente disminuye la viscosidad de las soluciones, lo que origina que éstas fluyan a través del medio filtrante con mayor facilidad. El pH no siempre afecta, pero se ha encontrado que generalmente hay un pH óptimo para filtrar, que varía con los diferentes materiales pero siempre es igual con un tipo dado. Las impurezas  $\times$  por el agua de lavado como por una pared sólida, así que rápidamente es reemplazada una por la otra, dando por resultado una mejor operación final y limpieza de la torta.

**Nota:** Este es el tipo de lavado que tenemos en nuestro filtro y en todos los filtros de caja y los de barril rotatorio.

En el lavado por difusión, el licor de lavado lentamente se combina con las aguas madres, desalojándolas por arrastre siguiendo otros caminos que el filtrado. Este tipo de lavado lo tienen los filtros prensa de placa lavadora.

Ocasionalmente la torta se quiebra en el lavado y se cae por ello dando un lavado defectuoso, ésto se debe al encogimiento causado por la ligera solubilidad de la torta y a la baja viscosidad del licor de lavado; en tal caso, un poco de torta añadida al agua de lavado es muy útil para evitarlo, quedando unas tortas más uniformes.

Los filtros de vacío tienen una ventaja natural sobre los demás en el lavado de la torta, ya que la presión diferencial en la

filtración es detrás del medio filtrante, ésto tiende a distribuir mejor el líquido de filtrado, la formación de la torta es más uniforme y no queda la torta muy comprimida. Todos estos factores facilitan y mejoran la calidad del lavado.

**Secado de la torta.**—El secado se efectúa por el paso de aire u otro gas seco, a través de la torta y del medio filtrante.

El volumen de aire usado es directamente proporcional a la diferencia de humedad inicial y final y el punto económico  $\phi$  son un factor muy importante, pues en eso se basa el uso de ayuda de filtros, ya que las arcillas o partículas de material duro contrarrestan la compresibilidad de las tortas y por lo tanto aumentan la velocidad de filtración y formación de torta, mientras que impurezas que crecen la compresibilidad como el  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Mg}$  o el  $(\text{SO}_4)_2\text{Al}_2$ , disminuyen esa velocidad.

Se encontró que especialmente para los líquidos con poca concentración de sólidos, es mejor usar al principio de la filtración poca velocidad de flujo o baja presión que favorecen la depositación de la torta.

El espesor de la torta en nuestro filtro lo dá la distancia entre una hoja y otra dividida entre dos.

Mientras más delgada es una torta, más rápidamente se lava y se seca, por lo que si una torta delgada puede descargarse fácil y limpiamente, dará mayor capacidad si el tiempo de descarga de torta y el llenado del filtro no son muy grandes, pues por otro lado una torta delgada acorta el ciclo, haciendo desproporcional ese tiempo de lavado y descarga.

**Lavado de la torta.**—El lavado de la torta se puede efectuar por dos vías distintas:

- a) Por desplazamiento.
- b) Por difusión.

En el lavado por desplazamiento, el líquido de lavado sigue exactamente el mismo camino que el filtrado a través de la torta sumergiéndose toda ésta; entonces el agua madre es empujada  $\times$  será cuando una posterior disminución de humedad no justifique el aumento de fuerza o tiempo necesario para obtenerla.

Generalmente se pasan, en secados comunes, de 9 a 18 m<sup>3</sup>/min por m<sup>2</sup> de área.

**Descarga de la torta:**—Este paso comprende el abrir la caja quitando las 18 tuercas de la tapa anterior, luego con un desarmador se empieza a separar ésta de la caja de la caja con todo su empaque de hule, después manualmente se corre hasta fuera la tapa con el haz de hojas que tiene fijo con tuerca y contra-tuerca por el cabezal.

No siempre se necesita una descarga total de la torta sino una ligera limpieza, tumbando la torta de las telas por medio de un chillón de aire sin separarlas ni desarmar el haz, mucho menos quitar los medios y lavarlos aparte; basta, esa remoción de torta para que el filtro quede dispuesto a trabajar otro ciclo.

El grado de descarga con sus requerimientos específicos, depende de la estructura de la torta: Si hay tendencia de los sólidos residuales a fijarse en el medio y a tapar los intersticios, la descarga completa y limpieza total cuidadosa no sólo es útil sino necesaria.

Como decíamos antes, la descarga rara vez es completa y ésto le resta porosidad al medio, pero en muchos casos después de un corto período de servicio la tela filtrante prácticamente no presenta reducción.

Esta descarga incompleta, cuando la torta no se requiere seca, se puede hacer por medio de vapor o un chorro de agua en vez de usar aire.

Cuando se necesita la torta bien seca, el haz de hojas con medio filtrante y la torta adherida se pueden meter a un horno secador.

Tiene la ventaja este filtro, de que las vestiduras se pueden lavar escrupulosamente fuera del filtro.

Para separar las hojas, se desatornillan primero las tuercas niple, quedando el haz completo de las tres hojas unidas, separado del cabezal colector; en seguida se procede a separar las hojas sacando las tuercas de un lado de las varillas unidoras se deslizan estas para el otro lado hasta salir completamente: las hojas quedan libres con toda la superficie filtrante despejada para hacer una minuciosa limpieza.

## CAPITULO IV

### CARACTERISTICAS

**De la bomba y motor.**—La bomba es toda de bronce con engranes rectos de 13 dientes, con succión y descarga de 3/8", con flecha propulsora de 5/8" y 5" de largo para trabajar a 125 lbs/pul<sup>2</sup> con 600 revoluciones por minuto como máximos y una entrega de 10 lts/min a 125 lbs/pul<sup>2</sup>, en escala descendente de presión y ascendente de entrega hasta dar 110 lts/min a 10 lbs/pul<sup>2</sup>.

El empaque de la bomba en el estopero se debe ir apretando conforme se usa y empiece a fugarse líquido por ahí hasta que materialmente no de satisfactorio servicio, entonces se puede reponer por uno de cordón grafitado que es el más apropiado.

Calculemos el motor necesario para ese trabajo. La velocidad requerida de flujo para entregar 110 lts/min (que es la máxima entrega de la bomba por especificarlo así el catálogo) o sean 6712 pul<sup>3</sup>/min será: Como el área del tubo de 3/8" de entrada y descarga de la bomba es 0.191 pul<sup>2</sup>:

$$V_f = \frac{6712 \text{ pul}^3/\text{min}}{0.191 \times 60 \times 12} = 47.0 \text{ pies/seg.}$$

$$HP_1 = \frac{\text{lbs/pul}^2 \times \text{pié/seg} \times \text{pul}^2}{550}$$

$$HP_1 = \frac{10 \times 47.0 \times 0.191}{550} = 0.163$$

Para dar 10 lts/min a 125 lib/pul<sup>2</sup>, que es la máxima presión dada por la bomba:

$$V_{l_2} = \frac{610 \text{ pul}^3/\text{min}}{0.191 \times 60 \times 12} = 4.4 \text{ pies /seg.}$$

$$HP_2 = \frac{4.4 \times 125 \times 0.191}{550} = 0.19$$

Esto sin considerar pérdida por fricción en tubería y filtro, que es despreciable por ser muy corta la línea. Por lo tanto HP co. aproximadamente un 30% de factor de seguridad será 0.25 HP.

La caja se calculó para resistir una presión máxima de 200 lbs/pul<sub>2</sub> = 13.6 K/cm<sup>2</sup>.

Area total = Area de dos bases más Area de dos caras con presión laterales, más Area de dos tapas.

$$\begin{aligned} \text{B a s e s} &= 2(16.9 \times 20) = 676 \text{ cm}^2 \\ \text{Caras Laterales} &= 2(22.8 \times 20) = 912 \text{ cm}^2 \\ \text{T a p a s} &= 2(22.8 \times 16.9) = 770.6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

---


$$\text{AREA TOTAL} \dots\dots\dots 2358.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{PRESION TOTAL} = 2358.6 \times 13.6 = 32076.96 \text{ K.}$$

Suponiendo que esa fuerza de 32076.96 K actúe para abrir o reventar la caja por la mitad, que es la parte más débil, la mitad o sean 16038.48 K deberá ser resistida por el área de la sección media de la mitad de la caja o sea por ( 22.8                      22.8 )

$$\text{cm} = 39.7 \text{ cm.} \quad \frac{\text{-----} + 16.9 + \text{-----}}{2 \qquad \qquad \qquad 2}$$

La resistencia a la tensión de las placas de aluminio es como mínimo de 9.4 K/mm<sup>2</sup> de área; por ser esta acaja de aluminio de fundición y no muy buena, le atribuimos una resistencia de 5 K/mm<sup>2</sup>.

$$\text{Entonces: } E \text{ j } 397.00 \times 5 = 16,038.48 \text{ l así } E = 16038.48 = 8.1 \text{ mm.}$$

---


$$397 \times 5$$

El espesor de la caja se hizo por tanto de 10 mm.  
El motor da 1725 rev/min y se quiere que la bomba dé 600,

Para cambiar medios filtrantes e sacan las cinco tuercas de alrededor de una hoja que están sobre los marcos de solera de aluminio libres los respectivos tornillos se sacan y quedan separados los marco de solera, los medios filtrantes, las telas de alambre y el marco de canal.

Los marcos de canal están marcados en los cantos con unos puntos gravados al igual que los de solera, para saber en caso de revolverse con los de las otras hojas, el sitio exacto donde deben ir, coincidiendo el número de puntos de un marco de solera con su respectivo número en el marco de canal.

Para volver a su sitio las hojas ya armadas, primero se empiezan a atornillar con la tuerca niple al cabezal, ya empezadas a meter las tres hojas, pero sin apretar todavía se meten las varillas acomodando los tubitos separadores en su lugar y se atornillan quedando ya la unidad filtrante. Ya se pueden apretar las tuercas niple en su sitio.

Para identificar el lugar de cada hoja en el colector, éstas están marcadas con puntos en el lado opuesto a la salida correspondiendo el No. 1 a la hoja más cerca a la tapa y el No. 3 a la que queda al fondo del filtro.

Realmente el reemplazo de vestidura es demasiado frecuente, si se busca la máxima eficiencia, debido al atascamiento gradual del vestido usado por la falta de remoción completa de la torta que causa la compresión de los sólidos sobre el medio filtrante.

## CAPITULO IV

### CARACTERISTICAS

**De la bomba y motor.**—La bomba es toda de bronce con engranes rectos de 13 dientes, con succión y descarga de 3/8", con flecha propulsora de 5/8" y 5" de largo para trabajar a 125 lbs/pul<sup>2</sup> con 600 revoluciones por minuto como máximos y una entrega de 10 lts/min a 125 lbs/pul<sup>2</sup>, en escala descendente de presión y ascendente de entrega hasta dar 110 lts/min a 10 lbs/pul<sup>2</sup>.

El empaque de la bomba en el estopero se debe ir apretando conforme se usa y empiece a fugarse líquido por ahí hasta que materialmente no de satisfactorio servicio, entonces se puede reponer por uno de cordón grafitado que es el más apropiado.

Calculemos el motor necesario para ese trabajo. La velocidad requerida de flujo para entregar 110 lts/min (que es la máxima entrega de la bomba por especificarlo así el catálogo) o sean 6712 pul<sup>3</sup>/min será: Como el área del tubo de 3/8" de entrada y descarga de la bomba es 0.191 pul<sup>2</sup>:

$$V_f = \frac{6712 \text{ pul}^3/\text{min}}{0.191 \times 60 \times 12} = 47.0 \text{ pies/seg.}$$

$$HP_1 = \frac{\text{lbs/pul}^2 \times \text{pié/seg} \times \text{pul}^2}{550}$$

$$HP_1 = \frac{10 \times 47.0 \times 0.191}{550} = 0.163$$

Para dar 10 lts/min a 125 lib/pul<sup>2</sup>, que es la máxima presión dada por la bomba:

$$V_{l_2} = \frac{610 \text{ pul}^3/\text{min}}{0.191 \times 60 \times 12} = 4.4 \text{ pies /seg.}$$

$$HP_2 = \frac{4.4 \times 125 \times 0.191}{550} = 0.19$$

Esto sin considerar pérdida por fricción en tubería y filtro, que es despreciable por ser muy corta la línea. Por lo tanto HP con aproximadamente un 30% de factor de seguridad será 0.25 HP.

La caja se calculó para resistir una presión máxima de 200 lbs/pul<sup>2</sup> = 13.6 K/cm<sup>2</sup>.

Area total = Area de dos bases más Area de dos caras con presión laterales, más Area de dos tapas.

$$\begin{aligned} \text{Bases} &= 2(16.9 \times 20) = 676 \text{ cm}^2 \\ \text{Caras Laterales} &= 2(22.8 \times 20) = 912 \text{ cm}^2 \\ \text{Tapas} &= 2(22.8 \times 16.9) = 770.6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{AREA TOTAL} \dots\dots\dots 2358.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{PRESION TOTAL} = 2358.6 \times 13.6 = 32076.96 \text{ K.}$$

Suponiendo que esa fuerza de 32076.96 K actúe para abrir o reventar la caja por la mitad, que es la parte más débil, la mitad o sean 16038.48 K deberá ser resistida por el área de la sección media de la mitad de la caja o sea por ( 22.8                      22.8 )

$$\text{cm} = 39.7 \text{ cm.} \qquad \qquad \qquad \frac{\text{---}}{2} + 16.9 + \frac{\text{---}}{2}$$

La resistencia a la tensión de las placas de aluminio es como mínimo de 9.4 K/mm<sup>2</sup> de área; por ser esta caja de aluminio de fundición y no muy buena, le atribuimos una resistencia de 5 K/mm<sup>2</sup>.

$$\text{Entonces: } E_j 397.00 \times 5 = 16,038.48 \text{ l así } E = 16038.48 = 8.1 \text{ mm.}$$

$$\frac{397 \times 5}{\text{---}}$$

El espesor de la caja se hizo por tanto de 10 mm.

El motor da 1725 rev/min y se quiere que la bomba dé 600,

que es la velocidad máxima permitida según catálogo. La relación de los radios de las poleas será:

$$\frac{1725}{600} = \frac{r_2}{r_1} = 2.87$$

se escogieron las poleas de 4.4 cm. de radio para el motor, 11.5 cm. de radio para la bomba, que nos dan 587 r.p.m.

La caja tiene una medida interior de 16.9 x 20 cm. de base x 22.8 de altura; por consiguiente tiene un volumen de:  $16.9 \times 20 \times 22.8 = 7706 \text{ cm}^3$ , que menos el volumen ocupado por las hojas, aproximadamente de  $987 \text{ cm}^3$  (por cálculo utilizando para ello dimensiones y espesores de soleras, canales, tubos y telas) que se deben llenar al principio de cada ciclo.

Los empaques de las tapas son de hule blando, se hicieron de recorte de cámara de automóvil y dan muy buen rendimiento.

Los tornillos y tuercas con que se fijan las tapa sobre los empaques, son de fierro y se ha visto que debido a la fricción de las turcas sobre las tapas, éstas se van deteriorando rápidamente cosa que se evita poniendo rondanas entre la tapa y la tuerca; además también los juegos de tornillos y tuercas, si son de fierro, tienen una duración aproximada de 55 ciclos y si se ponen de acero permanecerán en servicio por mucho más tiempo.

Las hojas tienen la característica de ser defectuosas en el empaque de los medios filtrantes sobre la tela de alambre y dejan entrar líquido sin filtrar en la cabidad de los marcos; se ha remediado ésto calafateando en esos puntos, para ello se utilizó la colofonia disuelta en thinner con hule, que impregna los bordes de las telas filtrantes y obtruye las entradas del líquido sin filtrar.

Los marcos son, a mi criterio, demasiado gruesos y ocupan mucho espacio en la caja, dejando poca distancia entre uno y otro para formarse la torta. Se podrían adelgazar hasta dejarlos de 1.5 cm. aumentando considerablemente la capacidad del filtro.

## CAPITULO V

### APLICACIONES

Ante todo hemos de hacer notar que las aplicaciones de este filtro, están reducidas a las de un filtro de laboratorio, en donde efectividad y costos dejan de tener la importancia decisiva que adquieren en los tipos industriales; pero en fin, las ventajas y desventajas nos dirán mejor cuál es su campo de aplicación.

#### **VENTAJAS:**

Construcción simple. Todas sus partes a la mano sacando el haz de hojas. Poco espacio ocupado. Puede trabajar en amplio margen de temperatura. Se obtiene torta bastante seca. Está hecho resistente a la corrosión en medio ácido y puede trabajar a alta presión: (Hasta 200 lbs/pul<sup>2</sup>).

#### **DESVENTAJAS:**

Costo inicial bastante elevado (como se vé en detalle adjunto). Tortas no uniformes debido a la falta de agitación, dificultando algo el lavado y secado. Tendencia de la torta a caer de la última hoja. El abrir la tapa causa a veces fuga de líquido no filtrado. No se puede inspeccionar el filtrado de cada una de las hojas. Operación intermitente, por lo que puede operar sólo con lodos de bajo porcentaje de sólidos.

## COSTO DEL FILTRO DE HOJAS VERTICAL

### ESTACIONARIO INTERMITENTE DE PRESION PARA LABORATORIO.

Caja de fundición de aluminio .....	\$ 420.00
Hojas con medio filtrante y cabezal .....	„ 110.00
Bomba de engranes de 3/8" .....	„ 200.00
Manómetro y conexión .....	„ 50.00
Tubería y conexiones .....	„ 40.00
Patatas de ángulo y solera de fierro .....	„ 60.00
	<hr/>
Sub-Total	\$ 880.00
Motor de 1/4 HP	„ 500.00
	<hr/>
Suma Total	\$ 1,380.00

Viendo los resultados obtenidos en casos concretos, nos daremos cuenta mejor de su campo de aplicación.

En todas las Ecuaciones siguientes:

$t$  = Tiempo de filtración en segundos.

$V$  = Volumen del filtrado en litros.

$\mu$  = Viscosidad de lodo a filtrar en K/m. h.

$W$  = Kilogramos de sólidos contenidos en un  $m^3$  de lodo.

$P$  = Presión durante la operación en  $K/m^2$ .

$\alpha$  = Resistencia específica de torta en  $h^2/K$ .

$\beta$  = Resistencia específica del medio filtrante en  $h^2/m^2$ .

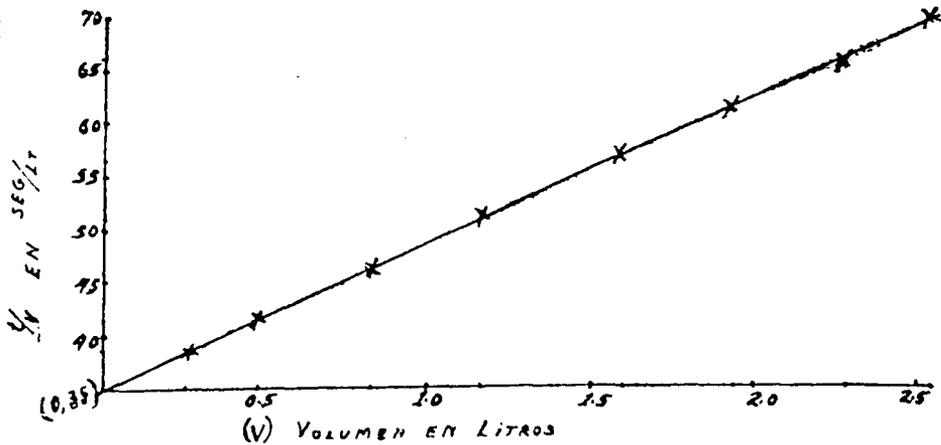
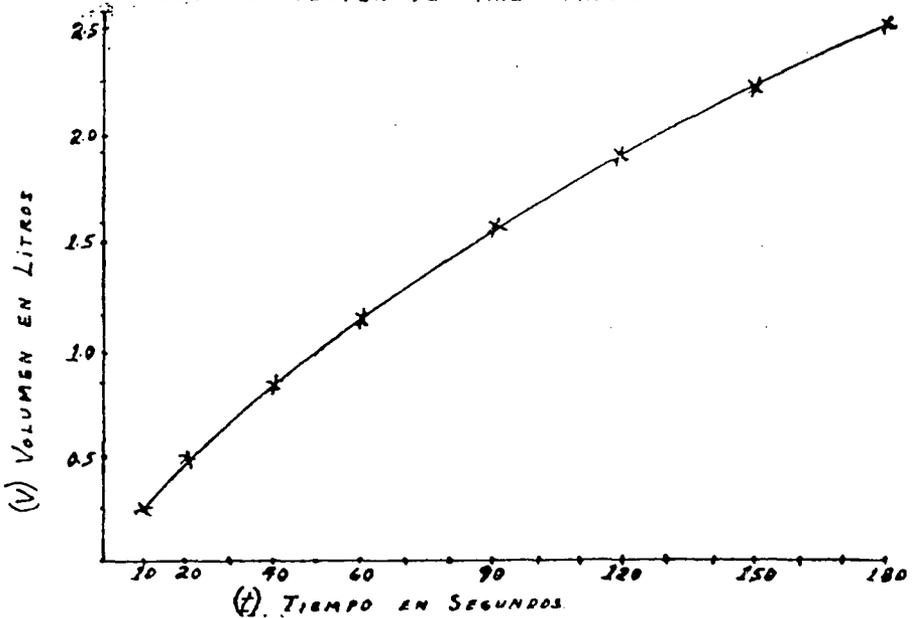
$h$  = Horas.

$m$  = Metros.

$b = \frac{\mu\beta}{PA}$  en seg/lt.

$K$  = Kilos.

CASO #1 GLUTEN DE MAÍZ PRESIÓN = 5.5  $\text{kg}/\text{cm}^2$



$$b = 35 \frac{\text{SEG}}{\text{LT}} = 9.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{tg } \varphi = \frac{70 - 35}{2.57} = 13.1 \frac{\text{SEG}}{\text{LT}^2}$$

$$\text{tg } \varphi = 3650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

CASO No. 1. GLUTEN DE MAIZ  $W = 99 \text{ K/m}^3 = 1.3 \text{ cp.}$

PRESION	TIEMPO EN SEGUNDOS							
$\text{K/cm}^2$	10	20	40	60	90	120	150	180
1.4	150	280	500	680	920	1110	1320	1500
2.0	180	330	600	830	1110	1380	1610	1800
2.75	200	380	680	920	1220	1500	1780	2000
3.5	230	430	770	1060	1400	1740	2010	2300
4.2	250	470	830	1130	1520	1870	2200	2480
5.5	260	490	880	1180	1600	1950	2280	2570
7.0	250	460	820	1110	1500	1850	2180	2460
8.4	220	410	750	1000	1340	1670	1990	2250

VOLUMEN EN c.c.

PRESION OPTIMA DE TRABAJO  $= 5.5 \text{ K/cm}^2$

$t$	10	20	40	60	90	120	150	180
$V$	0.260	0.490	0.880	1.180	1.600	1.950	2.280	2.570
$V^2$	0.675	0.240	0.774	1.402	2.560	3.805	5.200	6.600
$t/V$	38.50	41.00	45.50	51.10	56.20	61.70	66.00	70.00

Según la teoría de Ruth y Carman, las gráficas anteriores nos representan: La 1a. una parábola de Ecuación  $(V + C)^2 = K(t + t_0)$  y la 2a., la recta  $t = \frac{\mu W \alpha V}{2 P A^2} + \frac{\mu \beta}{P A}$  donde la ordenada

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu W \alpha}{2 P A^2} + \frac{\mu \beta}{P A}$$

en el origen es  $b = \frac{\mu \beta}{P A}$  y la pendiente de la recta es

$\frac{\mu W \alpha}{2 P A^2}$  usando como coordenadas  $t/V$  y  $V$ .

Teniendo esa recta sacamos despejando el valor de  $\alpha$  y el de  $\beta$

$$\alpha = \frac{\text{Pend} \times 2 \times P \times A^2}{\mu W}$$

$$\beta = \frac{b P A}{\mu}$$

Tenemos que:  $b = 35.0 \text{ seg/lit}$   $b = 9.74 \text{ h/m}^3$

$$\text{tg } \phi = \frac{70 - 35}{2.57} = 13.1 \text{ seg/lit}^2 \quad \text{Pend} = \frac{13.1 \times 10^6}{3.6} = 3650 \text{ h/m}^6$$

$$P = 5.5 \text{ K/cm}^2 = 55,000 \text{ K/m}^2 \quad A = 0.062 \text{ m}^2$$

$$\mu = 1.3 \text{ c.p.} = 4.7 \text{ K/m.h.} \quad W = 9.9\% = 99 \text{ K/m}^3$$

$$\alpha = \frac{3650 \times 2 \times 55,000 \times 0.062^2}{4.7 \times 99} = 3360 \text{ h}^2/\text{K}$$

$$\beta = \frac{9.74 \times 55,000 \times 0.062}{4.7} = 7,050 \text{ h}^2/\text{m}^2$$

$t_f$  de nuestro filtro a esas condiciones de trabajo:

$$V = 619.4 \times 1.25 = 775 \text{ cm}^3 \text{ de torta con } 30\% \text{ de humedad.}$$

$$V_f = \frac{775 \times 0.7 \times 100}{9.9} = 5470 \text{ cm}^3$$

$$t_f = \frac{3360 \times 4.7 \times 99 \times 0.00547^2}{2 \times 55,000 \times 0.062^2} + \frac{70.50 \times 4.7 \times 0.00547}{55,000 \times 0.062}$$

$$t_f = 0.118 + 0.053 = 0.171 \text{ hs} = 10.2 \text{ min.}$$

Y el tiempo de lavado es:  $t_l = \frac{V^2}{K} = \frac{V^2 \alpha \mu W}{2 P A^2}$

$$t_l = \frac{0.0547^2 \times 3360 \times 99 \times 4.7}{2 \times 55,000 \times 0.062^2} = 0.118 \text{ hr.} = 7.1 \text{ min.}$$

Ciclo = Tiempo de filtrado + tiempo de lavado + tiempo de descarga.

Tiempo de descarga = 25.0 min.

Ciclo = 10.2 + 3.0 + 25.0 = 38.2 min.

Por lo tanto,  $Et = \frac{10.2 \times 100}{38.2} = 26.9\%$

Según la expresión del tiempo de filtración, para vencer la resistencia específica del medio filtrante al paso de la corriente se requiere mucho tiempo; si es así, el medio filtrante empleado es inadecuado; lo comprobaremos por la ecuación para la filtración de Ruth:  $(V+C)^2 = K(t + t_0)$  donde,

$V$  = Volumen de filtrado.

$C$  = Volumen de filtrado necesario para formar una torta con resistencia específica igual a la del medio filtrante.

$K = m/2$  ( $m$  = pendiente de la recta en ecuación de filtración)

$t$  = Tiempo en que se filtra el volumen  $V$ .

$t_0$  = Tiempo necesario para hacer la torta con resistencia específica igual a la del medio filtrante.

Sustituyendo valores:

$$V = 0.260 \text{ lit.}$$

$$t = 10 \text{ seg.}$$

$$m = 13.1 \text{ seg./lit}^2$$

$$K = \frac{13.1}{2} = 6.55$$

$$C = \frac{b \times K}{2} = \frac{35 \times 6.55}{2} = 114.1$$

$$(0.260 + 114.1)^2 = 6.55 (10 + t_0) ; \quad 1310 = 65.5 + 6.55 t_0$$

$$t_0 = \frac{1310 - 65.5}{6.55} = 190 \text{ seg.} = 3.18 \text{ min. que es aproximadamente el valor obtenido y discutido.}$$

Vamos a calcular el área filtrante necesaria para obtener 200 K/h de torta seca, en un filtro del mismo tipo y con idénticas condiciones de trabajo.

$$\psi = 1 \text{ h.} = \frac{\alpha \mu W V^2}{2 P A^2} + \frac{\beta \mu V}{P A}$$

Volumen = 200 K de torta = 2.02³ de filtrado.

$$l = \frac{3360 \times 4.7 \times 99 \times 2.02^2}{2 \times 55,000 \times A^2} + \frac{7050 \times 4.7 \times 2.02}{55,000 \times A}$$

$$l = \frac{63.04}{A^2} + \frac{1.228}{A} \quad A = 8.50 \text{ m}^2$$

El filtro calculado podría tener entonces, siete hojas de setenta y ocho centímetros por lado en cada uno de sus medios filtrantes.

El área antes obtenida es sin contar con la eficiencia del filtro, que como se sabe es 26.9%.

$$\text{Area real necesaria} = \frac{8.50 \times 100}{26,9} = 22.8 \text{ m}^2$$

Con lo que nos resulta un filtro de 10 hojas con 1.14 m² de medio filtrante por lado.

Como se vé, no conviene usar este tipo de filtro en el presente caso, por dar ciclos demasiado cortos y por lo tanto bastante tiempo inefectivo y mayor trabajo para la descarga de la torta.

Pasemos al II caso que es **LEVADURA DE CERVEZA** filtrada, usando Filter Cel como ayuda filtro; experiencia en la cual no se pudo emplear una presión mayor de 10 lbs/pul² por no permitirlo la capacidad de la bomba. Esta presión máxima, nos dió los mejores resultados, los cuales expresamos en la siguiente tabla y representamos en las gráficas adjuntas.

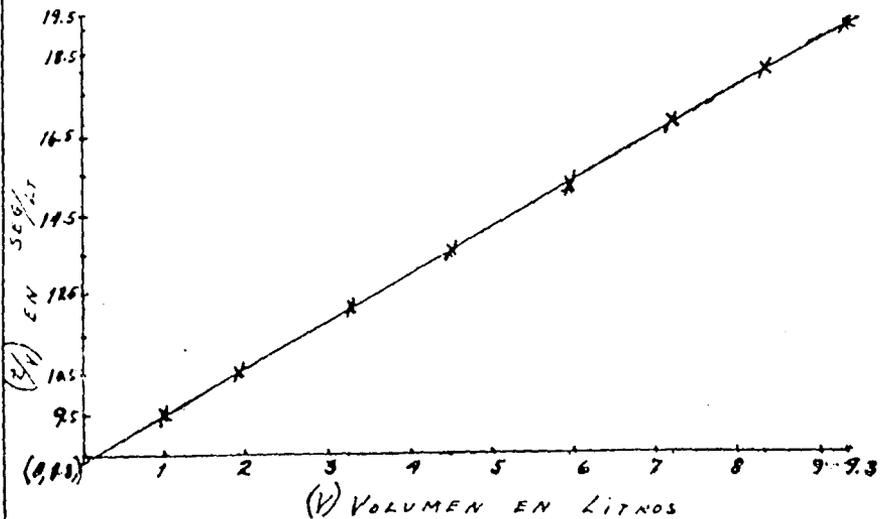
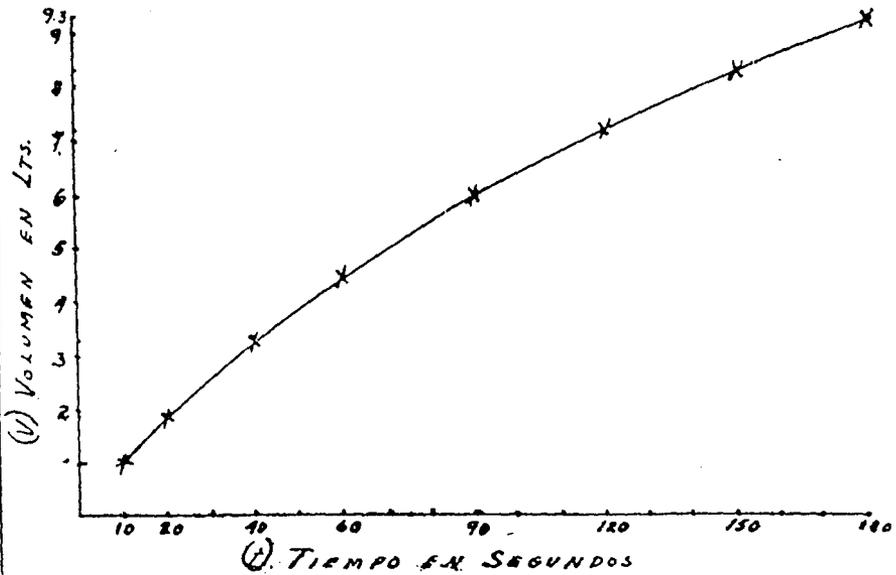
---

CASO No. 2. LEVADURA DE CERVEZA CON FILTER CEL 1%

---

t	10	20	40	60	90	120	150	180
V	1.05	1.90	3.25	4.45	5.95	7.20	8.30	9.30
V²	1.10	3.60	10.29	19.80	35.50	51.90	69.00	86.80
t/V	9.50	10.50	12.30	13.50	15.10	16.70	18.10	19.30

CASO #2 LEVADURA DE CERBEZA CON FILTER CEL 1%



$$b = 8.5 \text{ SEG/LT} = 2.36 \text{ h/m}^3$$

$$t_{9.3} = \frac{193 - 85}{9.3} = 116 \text{ seg/LT}$$

$$t_{9.3} = 322.2 \text{ h/m}^6$$

$$W = 15 \text{ K/m}^3 \quad P = 14,200 \text{ K/m}^2 \quad \mu = 1.08 \text{ cp} \quad T = 23^\circ$$

Del presente cuadro y de las gráficas adjuntas obtendremos el valor de  $\alpha$  y  $\beta$ , ya que tenemos:

$$A = 0.062 \text{ m}^2 \quad P = 1.42 \text{ K/cm}^2 = 14,200 \text{ K/m}^2$$

$$W = 1.5 \% \text{ Sólidos} = 15 \text{ K/m}^3 \quad \mu = 1.08 \text{ cp} = 3.9 \text{ K/m.h.}$$

$$b = 8.5 \text{ seg/lt} = 2.36 \text{ h/m}^3 \quad \text{tg}\alpha = 10.8 = 1.16 \text{ seg/lt}^2 = 322.2 \text{ h/m}^4$$

$$\alpha = \frac{322.2 \times 2 \times 14,200 \times 0.062^2}{3.9 \times 15} = 608.5 \text{ h}^2/\text{K}$$

$$\beta = \frac{2.36 \times 14,200 \times 200 \times 0.062}{3.9} = 533 \text{ h}^2/\text{m}^2$$

$$\text{Vol} = 775 \times 0.8 \times \frac{100}{1.5} = 41,000 \text{ cm}^3 \text{ de filtrado.}$$

$$t = \frac{608.5 \times 3.9 \times 15 \times 0.041^2}{2 \times 14,200 \times 0.062^2} + \frac{533 \times 3.9 \times 0.041}{14,200 \times 0.062}$$

$$t = 0.555 + 0.0968 = 0.6518 \text{ h.} = 39.0 \text{ min.}$$

$$t_l = 0.0968 \text{ hs.} = 6 \text{ min.}$$

$$t_{\text{total}} = 39.0 + 6.0 + 25.0 = 70 \text{ min.} \quad \text{Ef.} = \frac{39.0}{70.0} = 55.6 \%$$

Calcularemos el área de filtración necesaria para obtener 10,000 lts/h de filtrado en las mismas condiciones.

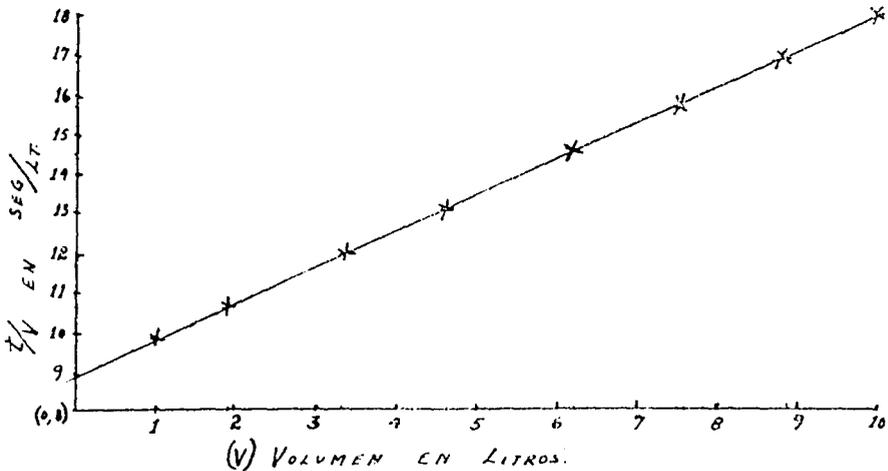
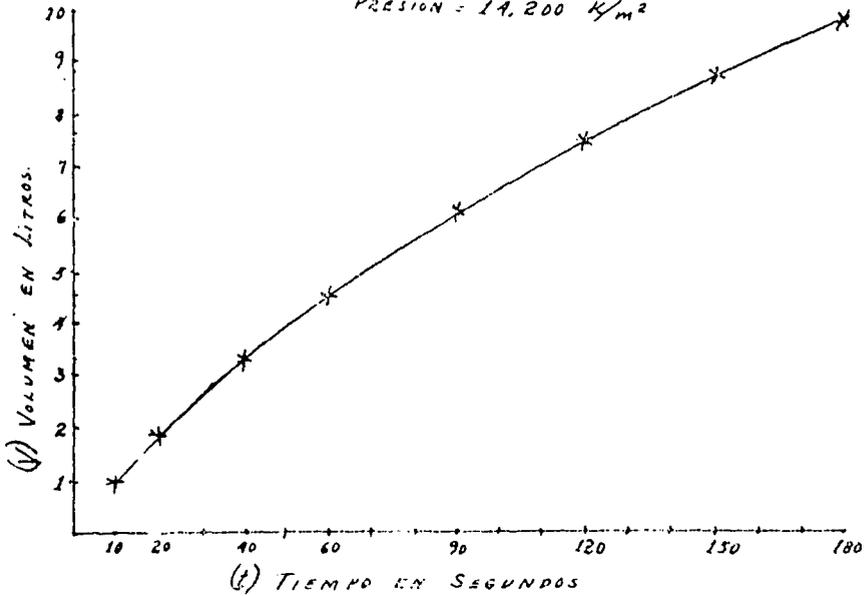
$$l = \frac{608.5 \times 3.9 \times 15 \times 10^2}{2 \times 14,200 \times A^2} + \frac{533 \times 3.0 \times 10}{14,200 \times A} = \frac{125.6}{A^2} + \frac{1.468}{A}$$

$$A = 11.9 \text{ m}^2, \text{ como tenemos } 55.6 \% \text{ de eficiencia, } A_{\text{Real}} = 21.4 \text{ m}^2$$

### CASO N° 3. LEVADURA DE CERVEZA CON HY FLO FILTER CEL 1%

$t$	10	20	40	60	90	120	150	180
$V$	1.01	1.88	3.32	4.60	6.20	7.60	8.85	10.00
$V^2$	9.90	10.65	12.00	13.00	14.50	15.85	16.90	18.00
$t/V$	1.20	3.54	11.00	21.20	38.50	58.00	78.40	100.00

CASO #3 LLENADURA DE CERVEZA CON H<sub>2</sub>O-FLO FIBERCEL 1%  
 PRESION = 14,200 K/m<sup>2</sup>



$$b = 8.9 \text{ seg/L} = 2.98 \text{ h/m}^2$$

$$\lg \psi = \frac{18 - 9.9}{10} = 0.91 \text{ h/m}^2$$

$$\lg \psi = 252.2 \text{ h/m}^2$$

De esta tabla así como de las gráfica adjuntas obtenemos el valor de:

$$A = 0.062 \quad P = 14,200 \text{ K/m}^2 \quad W = 1.5\% \text{ Sólidos} = 15 \text{ K/m}^3$$

$$\mu = 108 \text{ cp} = 3.9 \text{ K/m h.} \quad b = 2.48 \text{ h/m}^3$$

$$\text{tg } \phi = 252.2 \text{ h/m}^3$$

$$\alpha = \frac{252.2 \times 2 \times 14,200 \times 0.062^2}{3.9 \times 15} = 468 \text{ h}^2/\text{K}$$

$$B = \frac{2.48 \times 2 \times 14,200 \times 0.062}{3.9} = 562 \text{ h}^2/\text{m}^2$$

$$\text{Vol} = 775 \times 0.85 \times \frac{100}{1.5} = 43.8 \text{ lt.}$$

$$t^f = \frac{468 \times 3.9 \times 15 \times 0.0438^2}{2 \times 14,200 \times 0.062^2} + \frac{562 \times 3.9 \times 0.0438}{14,200 \times 0.062}$$

$$t^f = 0.482 + 0.109 = 0.591 \text{ hs.} = 35.3 \text{ min.}$$

$$t^l = 0.109 \text{ hs} = 6.55 \text{ min.}$$

$$t^{\text{real}} = 35.3 + 6.55 + 25 = 66.85 \text{ min.}$$

$$Et = \frac{35.3}{66.85} = 53 \%$$

Calculamos área de filtración necesaria para obtener 10,000 lts/h de filtrado, bajo las mismas condiciones.

$$l = \frac{468 \times 3.9 \times 15 \times 10^2}{2 \times 14,200 \times A^2} + \frac{562 \times 3.9 \times 10}{14,200 \times A} = \frac{97.2}{A^2} + \frac{1.548}{A}$$

$$A = 10.6 \text{ m}^2 \text{ con el } 53 \% \text{ Et. pasan a ser } \frac{10.6 \times 100}{53} = 20.1 \text{ m}^2$$

## CONCLUSIONES:

1.—La construcción de un filtro del presente tipo es sencilla. Yo creo que los problemas en ella realmente se debieron a mi inexperiencia en el acoplamiento y adaptación de los materiales, especialmente a no usar el tipo de aleaciones adecuadas de aluminio en tubería (dura) y en fundición de la caja.

2.—Para el uso que está diseñado (laboratorio) es el ideal por la misma sencillez que facilita al estudiante entender la teoría de filtración. Por el poco espacio que ocupa. Y por último, su resistencia a la corrosión en medio ácido.

3.—Encuentro que la aplicación de este tipo de filtro es en la industria, donde por su capacidad no alcance a ocuparse un filtro prensa y donde el lodo a filtrarse no contenga muchos sólidos en suspensión, (más o menos de 1% a 5%) para no gastar mucho tiempo en la descarga de la torta.

4.—En particular yo tengo un problema en que un tipo de filtro como el presentado me daría la solución: Uso aceite quemado de máquina de combustión interna, que contiene mucho carbón, limadura, rebabas, tierra, hilo de estopa, etc. Dicho aceite tiene que ser bombeado con pistones en vasos de émbolos de prensas hidráulicas, las impurezas rayan los pistones y vasos gastando muy rápido lo empaques, además hacen fallar los checks de los conductos de aceite.

## CAPITULO VI

### BIBLIOGRAFIA

- 1.—*Chemical Process Machinery*.—Emil Raymond Riegel.
- 2.—*Theory and Practice of Filtration*.—Dickey & Bryden.
- 3.—*Elementos de Ingeniería Química*.—A. Vian y J. Ocon.
- 4.—*Handbook*.—Jhon J. Perry.
- 5.—*Elementos of Chemical Engineering*.—W. L. Badger & W. L. McCabe.
- 6.—*Fabricación de Azúcar*.—Antonio Porta A.

FIN