



2069
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

CONSIDERACIONES TECNICAS
EN FILTRACION

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

Que para obtener el Título de:
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N:

DANIEL ARCINIEGA GARCIA
EDUARDO ARCINIEGA GARCIA HERAS

México, D. F.

1988



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

- VIII -
I N D I C E

- I.- Introducción
- II.- Teoría de filtración
- III.- Tipos de filtros
 - III. Filtros de presión
 - III. Filtros de cartuchos
 - III. Filtros de platos horizontales
 - III. Filtros de hojas
 - III. Filtros prensa
 - III. Filtros de grava y arena
 - III. Filtros de Gravedad
 - III. Filtros de vacío
 - III. Filtros continuos
 - III. Filtros intermitentes
- IV. Selección de equipo funcionalmente
 - IV.1 Medios filtrantes
- V. Elementos económicos de selección
- VI. Glosario
- VII. Conclusiones
- VIII. Apéndice
- IX. Bibliografía

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

La filtración es sin duda una de las operaciones unitarias más comunes y se le encuentra en la mayoría de los procesos de la - Industria Química, alimenticia, farmacéutica, cerveza, pinturas, etc.

De acuerdo a lo anterior se ha considerado importante desarrollar el presente trabajo con el objetivo de ayudar a los Ingenieros de Proceso con los siguientes puntos.

- Proporcionarle información útil para el manejo de sus equipos de filtración.
- Presentar criterios para una selección precisa del equipo.

Por lo anterior se desarrollarán los siguientes capítulos:

En el capítulo de teoría de Filtración, se hace hincapié en los modelos matemáticos y las relaciones para el dimensionado del equipo de filtración.

En el capítulo denominado tipos de Filtros se estudian detenidamente los diferentes tipos de equipos de Filtración de acuerdo-

á su rango de operación con respecto a su capacidad y aplicación.

En el capítulo V se ven los criterios de selección funcional del equipo.

En los Elementos económicos de Selección se llegan a la relación Matemática para el cálculo de Costo Unitario de filtrado con respecto al equipo usado.

CONSIDERACIONES
TECNICAS
EN
FILTRACION

T E O R I A

A menudo se encuentra que las fórmulas de filtración son demasiado complicadas o también que han sido tan simplificadas que son materialmente inaplicables. -- Las fórmulas que aquí se desarrollan son relativamente simples, pero si son usadas correctamente pueden proporcionar resultados precisos cuando la filtración se trata de tortas incompresibles. Si las tortas son ligeramente compresibles, las fórmulas aún son útiles para propósitos prácticos, no obstante serán menos -- exactos..

Algebra elemental y algo de cálculo más una buena -- cantidad de razonamiento proporcionarán todas las -- fórmulas teóricas de filtración necesarias. Las dos constantes que se encuentran en las ecuaciones pueden ser determinadas por medio de pruebas en el laboratorio. Si a veces el flujo parece ser diferente al esperado según los cálculos teóricos obtenidos con las fórmulas, el defecto no está en las fórmulas pero sí puede ser por error en las condiciones consideradas o en la inexactitud de las medidas. Más adelante se

explicará como reducir al mínimo las discrepancias de esta naturaleza.

El flujo de un líquido a través de un filtro, sigue las mismas reglas básicas que rigen el flujo de --- cualquier líquido a través de una pieza de un equipo en un instante dado, variará directamente con el --- área del equipo y con la presión a la cual está sometido. Si duplicamos el área, duplicaremos el flujo y si duplicamos la presión igualmente doblaremos el flujo.

El flujo es reducido por la viscosidad del líquido y por cualquier obstrucción al flujo. En el caso de un filtro, esta obstrucción incluye la resistencia de la torta, el medio filtrante y la resistencia que ofrecen el flujo, la tubería y los accesorios mecánicos del filtro, tales como la construcción interna de los platos. Mientras mayor sea el total de estas resistencias menor será el flujo.

Por lo tanto, el flujo es inversamente proporcional a la viscosidad y la resistencia. De lo anterior se establece la siguiente fórmula general:

$$F = k AP/u (R + r)$$

La nomenclatura de los términos usados se indica más adelante.

La resistencia de la torta depende del grueso y la naturaleza de la misma. El espesor depende de cuanto líquido ha pasado a través del filtro y de los sólidos contenidos en el líquido. La naturaleza de la torta (sea ésta suelta, compacta, gruesa ó fina granular ó gelatinosa) determina así si el líquido pasa fácilmente o con dificultad. Se usará el término -Resistencia específica, el cual es la resistencia ofrecida por la unidad de espesor de la torta es una unidad de área. La resistencia de la torta puede ser por lo tanto expresada como Z (resistencia específica) multiplicada por su espesor (el cual depende del líquido pasado) dividido por el área y así se tiene:

$$R = Z V / A$$

Para una torta no compresible Z será constante (para una torta compresible Z aumentará con la presión).

NOMENCLATURA:

- A = Área
 a = Constante de resistencia de la torta.
 b = Constante de resistencia fija.
 F = Flujo
 G = Recíproca de flujo.
 k = Constante de proporcionalidad.
 P = Caída de presión.
 R = Resistencia de la torta.
 r = Otras resistencias.
 T = Tiempo total de filtración real.
 T' = Tiempo improductivo entre filtraciones.
 u = Viscosidad.
 V = Volumen de líquido pasado por el filtro.
 Z = Resistencia específica de la torta.

La resistencia -r- del medio filtrante (tela, papel, etc.) y la tubería no varía con el total filtrado -- pero variará con el área total del filtro. Los elementos del filtro se colocan en paralelo incrementando el área total de filtración y disminuyendo la resistencia. La resistencia del medio filtrante y los elementos del filtro será así inversamente proporcional

el área del filtro.

Hasta ahora, no se ha hecho mención del tiempo. Obviamente el flujo tiene tiempo y volumen como sus elementos.

A cualquier periodo de tiempo dado este valor del flujo, puede ser expresado como el cambio en el volumen total que ha pasado a través de filtrado, dividido entre el cambio del tiempo total de filtración o sea:

$$\frac{du}{dt} = F$$

Poniendo todo lo anterior dentro de una sola ecuación se tendrá:

$$F = \frac{kA^2P}{u(2V + Ar)} = \frac{dv}{dt}$$

DETERMINACION DE LAS CONSTANTES:

La mayor parte del trabajo de laboratorio es hecho a temperatura y presión constante e implica corridas de cantidades dadas de líquido a través del filtrado

y anotando el tiempo que tarda en pasar cada lote.

Para la unidad de área y la unidad de presión, la fórmula anterior puede simplificarse quedando:

$$\frac{dt}{dV} = \frac{uzV}{k} + \frac{ur}{k}$$

$$dT = \frac{uzVdV}{k} + \frac{urV}{k}$$

Integrado:

$$T = \frac{uzV^2}{2k} + \frac{urV}{k}$$

Para viscosidad y resistencia específica de tortas - constantes y resistencia del medio filtrante y tubería en unidades fijas, se pueden substituir a y b por las constantes $uz/2k$ y ur/k y simplificando queda:

$$T = aV^2 + bV$$

con a siendo igual a la constante de la resistencia de torta y b como la constante de la resistencia fija.

Ahora ya se tiene una fórmula simplificada con la cual es fácil trabajar y la cual expresa el tiempo requerido para filtrar un volumen de líquido dado. Si la resistencia fija del filtro es despreciable en comparación a la resistencia de la torta, entonces el tiempo para filtrar una cantidad dada varía con el cuadrado de la cantidad filtrada o sea:

$$T = a V^2$$

Si se determina el tiempo de filtración para 2 ó más volúmenes diferentes, pueden resolverse los valores de a y b usando la fórmula:

$$T = aV^2 + bV$$

y también se podrán encontrar estos valores por medio de repetidas corridas como sigue.

De corridas sucesivas de igual volumen el intervalo de tiempo para realizar cada una tenderá a exceder a el anterior para una determinada cantidad, considerando que la torta no se quita. La tabla uno muestra un ejemplo de lo anterior, las lecturas están basadas en el tiempo requerido para filtrar lotes sucesi-

de 4 lts. cada uno, es un filtro de 0.1 m^2 de área de filtración.

TABLA No. 1

Obsérvese que pueden tomarse 2 ó 3 corridas antes de observar un intervalo de tiempo constante, para el primero y segundo lotes el filtrado puede resultar ligeramente turbio. A menos que el flujo durante estas 2 primeras corridas sea relativamente lento, es mejor no tomar en cuenta algunos de los primeros lotes que se corran y entonces tomar un tiempo promedio diferencial de los restantes.

Esta diferencial tenderá a ser constante porque:

$$T = a V^2 + bV \quad \text{ó} \quad T_n = a V^2_n + bV_n$$

Para dos lotes consecutivos cualquiera, la diferencia total en tiempo es el tiempo del lote para la segunda corrida. Se denominará -t- al tiempo de una corrida individual, esto es para no confundirlo con el tiempo total de filtración -T- y así:

$$t_n = T_n - T_{n-1} = a (V_n^2 - V_{n-1}^2) + b (V_n - V_{n-1})$$

Ya que todas las corridas (lotes) son de la misma medida, se puede substituir $-n-$ por $-V_n-$, porque $-V_n-$ es $-n-$ número de lotes.

De modo que:

$$t_n = a [n^2 - (n-1)^2] + b [n - (n-1)]$$

y

$$t_n = a (2n-1) + b$$

Por lo tanto, el tiempo para cada corrida es una serie progresiva constante, para cuatro corridas se encontrará:

$$t_1 = a (2-1) + b = a + b$$

$$t_2 = a (4-1) + b = 3a + b$$

$$t_3 = a (6-1) + b = 5a + b$$

$$t_4 = a (8-1) + b = 7a + b$$

Por lo tanto, el tiempo para cada corrida es constante y con valor de $2a$. Esto hace muy fácil deterer

minar el valor de $-a-$ observando los resultados de una serie de corridas valoradas en tiempo. En el ejemplo anterior $a = 0.1$; para b , como $t_n = a(2n-1) + b$ se tiene que:

$$b = t_n - 2an + a$$

y si:

$$a = 0.1$$

$$b = 0.75 - (2 \times 0.1 \times 4) + 0.1 = 0.05$$

La fórmula para esta filtración particular en donde $-T-$ está en minutos y $-V-$ en litros, es ahora:

$$T = 0.1 V^2 + 0.05 V$$

Es importantísimo recordar que a este grado, a y b son válidas solamente para las unidades usadas en determinarlas. En otras palabras si nuestros ciclos & corridas han sido de 20 litros cada uno, entonces a y b tendrán un valor para V representado por 20 litros como unidad. Por lo tanto, es preferible convertir ambas a y b a $\text{lts}/\text{m}^2/\text{min}$. Esto puede hacerse como sigue:

Si la prueba fuera hecha en un filtro de $1/200 \text{ m}^2$ y el volumen de cada ciclo fué de 0.5 de litro, el volumen sería equivalente a 100 lts/m^2 . Luego entonces, debe multiplicarse el valor de -a- por $(1/100)^2$ ó 10^{-4} y el valor de -b- por $1/100$ ó 10^{-2} , esto es, -a- debe ser multiplicada por el cuadrado de la relación de volúmenes y -b- por la relación misma y así el valor de -a- viene a ser 10^{-5} y -b- 5×10^{-3} .

Regresando ahora a la ecuación primera:

$$F = \frac{dV}{dT} = \frac{PkA^2}{u(zV + Ar)}$$

$$PkA^2 dT = uzVdV + uAr dV$$

$$dT = \frac{uzVdV}{PkA^2} + \frac{ur dV}{PkA}$$

$$T = \frac{uzV^2}{2PkA^2} + \frac{urV}{PkA}$$

Volviendo a substituir -a- y -b- por las constantes $uz/2k$ y ur/k se llega a:

$$T = \frac{a V^2 + AbV}{PA^2} \text{ ----- (1)}$$

$$F = \frac{PA^2}{2a V + Ab} \text{ ----- (2)}$$

$$V = \frac{A}{2a} \left(-b + \sqrt{b^2 + Aa PT} \right) \text{ ----- (3)}$$

$$F = \frac{PA}{\sqrt{b^2 - 4aT}} \text{ ----- (4)}$$

Las fórmulas anteriores están ahora listas para ser usadas sobre cualquier área con tal que se tengan - las constantes -a- y -b- en unidades de $lts/m^2/min$. algunos ejemplos se trabajarán más adelante. Nótese que la ecuación (2) expresa a -F- en términos de volumen y la ecuación (4) en términos de tiempo.

LO QUE LAS FORMULAS REVELAN:

Las fórmulas al expresar la relación entre el tiempo, cantidad del flujo, área y presión, muestran matemáticamente como las variables obran entre sí para valores dados de -a- y -b-. A continuación se verán algunos de los más interesantes aspectos entre estas relaciones.

Muy frecuentemente el tiempo al cual un filtro es vaciado para su limpieza depende de la cantidad de flujo, en otras palabras, el filtro se limpia cuando la cantidad de flujo ha disminuido hasta cierto valor mínimo.

Si se desea aumentar la duración del ciclo, la presión o el área pueden ser aumentados, la fórmula (2) indica que para un volumen dado, el flujo varía con la presión. Sin embargo, si se traspone esta fórmula para mostrar como el volumen varía para un flujo dado se llegará a:

$$V = \frac{PA^2 - AbF}{2aF}$$

Examinando esta fórmula se puede ver que para valores relativamente pequeños de $-b-$ el filtrado variará casi directamente con la presión. Si $-b-$ es bastante grande, el incremento del filtrado que resulta de un incremento de presión dado, será pequeño no obstante debido a las limitaciones de presión, es más práctico aumentar el filtrado incrementando el área de filtración, la cual tiene un

efecto mucho más marcado.

Si el valor de $-b-$ es pequeño, el filtrado variará casi con el cuadrado de el área. Duplicando el área se puede más que cuadruplicar el filtrado. Si $-b-$ es relativamente grande, digamos diez veces más grande que $-a-$ el incremento en el filtrado es aún más pronunciado y un pequeño aumento en el área dará como resultado un gran incremento del filtrado.

Los anteriores enunciados pueden resultar poco familiares y será tal vez conveniente hacer una pequeña explicación al respecto. Naturalmente se espera duplicar el flujo cuando se duplica el área de un filtro pero hay un record que esto también reduce a la mitad el grueso de la torta para la misma cantidad de líquido pasado por el filtro. Por lo tanto, se duplicará el flujo a causa del área aumentada y se duplicará el flujo por el grueso de la torta es solamente la mitad. Para el mismo flujo final al duplicar el área del filtro se obtiene el cuádruple del volumen de líquido filtrado pero a la vez el es pesor de torta se duplicará.

Por supuesto, en cualquier filtración se debe proveer un espacio de torta adecuado así como un área de filtración suficiente, en el caso en que se espere cuadruplicar la cantidad de líquido pasado a través de un filtro, duplicando el área se debe asegurar que cada uno de los nuevos platos tiene el doble de volumen para torta que cada uno de los platos originales.

DESVIACIONES DE LA TEORIA:

Todas las fórmulas anteriores estuvieron basadas en ciertas condiciones fijas como son caída de presión resistencia específica de la torta y área de filtración constantes, como quiera que todas estas condiciones pueden no ser obtenidas al efectuar una filtración de prueba, se debe esperar que ocurran algunas variaciones.

Por ejemplo, en la tabla 1 se vé que una progresión de corridas tomadas en tiempo pueden no guardar una diferencia constante sino hasta después de varias corridas y de que se ha obtenido un cierto espesor de torta.

La razón de lo anterior puede entenderse cuando se examina que está ocurriendo dentro del filtro, con siderando una presión, viscosidad y resistencia es pecífica de la torta constantes. Cuando se empieza a filtrar, no hay torta y la resistencia total al flujo es un valor fijo, $R + r$, y es igual a $-r$. - El valor de $-R$ empieza en cero aumentando de acuer do con la fórmula teórica conforme la torta va cre ciendo. Pero aquí probablemente habrá una ligera - penetración de partículas sólidas muy finas, den tro del medio filtrante.

En la mayoría de las ocasiones cuando se comienza a filtrar, el líquido sale del filtro todavía tur bio y es por eso que se acostumbra recircular éste líquido hasta que se forma una torta de un espesor apreciable y se alcanza la claridad deseada.

Aún con una precapa (la resistencia de la precapa es parte de $-r$ y no de $-R$) alguna penetración es posible.

Las partículas más finas tienden a bloquear los po
ros del medio filtrante, de modo que -r- no es --
constante sino que se incrementa gradualmente, es-
te incremento es mayor al principio del ciclo y --
disminuye conforme aumenta el espesor de la torta
y probablemente llega a cero o casi a cero después
de que se ha formado una cantidad suficiente de --
torta sobre el medio filtrante para atrapar las
partículas finas.

Cuando el bloqueo por las partículas ocurre a una
profundidad apreciable, la curva teórica de flujo
no se realiza, en estos casos, la recomendación -
es usar el medio filtrante más abierto posible que
pueda detener el filtro ayuda, de este modo el -
filtro ayuda, es el que está filtrando y no el pa
pel filtro ó la tela y así los ciclos se realizan
como fueron previstos después de que se haya for-
mado una torta delgada.

Este es también el único medio confiable de deter-
minar el mejor grado de ayuda filtro que se debe
de usar. Siguiendo la vieja regla -Use el ayuda
filtro más grueso que dé la claridad deseada- pe

no asegurándose de que es el filtro ayuda y no el medio filtrante bloqueado lo que está dando esa claridad.

Contra todo lo que pudiera esperarse, se han dado casos en los que filtro ayudas más cerrados han incrementado considerablemente la velocidad de flujo y la producción total a través de un filtro, sin embargo, estos fueron casos en los que se estaba usando un medio filtrante muy cerrado con un ayuda filtro cerrado se evitó que las partículas pasaran a través de él, evitando así que taparan el papel ó lona filtrante.

DETERMINACION DEL TAMAÑO DE UN FILTRO A PRESION CONSTANTE:

Una vez que se han determinado los valores para-a- y para -b- por medio de pruebas, se puede calcular el área de filtración necesaria para hacer un trabajo determinado a una presión constante determina da y así de la ecuación (1) obtenemos la relación:

$$A = \frac{bV + V b^2 + 4aT}{2T}$$

Suponiendo que se requiere procesar 400 litros en 100 minutos y -a- es igual a 10^{-5} y -b- es igual a 5×10^{-3} y estas constantes fueron derivadas de una presión de 2.5 Kg/cm^2 considerando la filtración a presión constante se tiene:

$$A = \frac{5 \times 10^{-3} \times 400 + 400 \quad 25 \times 10^{-9} + 4 \times 10^{-5} \times 100}{2 \times 100}$$

$$= 0.135 \text{ m}^2$$

Es necesario asegurar que el diseño de las placas del filtro es tal que 0.135 m^2 darán un volumen de torta adecuado y si no es posible usar placas más profundas será necesario usar una mayor área.

CRITERIO PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO DEL FILTRO Y LA BOMBA DE ALIMENTACION.

En lo antes escrito se ha estado discutiendo la filtración cuando el proceso se efectúa a presión constante, esto es que la caída de presión al prin

cipio del ciclo sea igual que al final de éste. - Esto se realiza en los casos de filtraciones por gravedad o en tanques presurizados pero no es muchas otras aplicaciones. Por ejemplo, cuando una bomba es usada para alimentar un filtro, la presión al principio de la filtración es bastante baja; esta presión después aumenta y si no se instala un sistema de alivio, alcanzará un valor máximo al final del ciclo de filtración. En este caso - consecuentemente la filtración no seguirá la curva $T = (aV^2 + AbV)/A^2$, y el tiempo será siempre más largo que el indicado en esta fórmula.

La gráfica # 1 muestra una curva típica para filtración a presión constante y para una combinación de filtro y bomba de desplazamiento positivo. Se puede notar que para este tipo de bomba la relación tiempo-volumen, comienza hacia arriba como una línea recta y después cambia a ser una curva de presión constante y en este punto la presión debe aliviarse y mantenerse constante pues de lo contrario se puede exceder la presión máxima de diseño del filtro.

La ordenada de cualquiera de las curvas es el valor del flujo en esa parte de la curva se nota que en el punto de cambio el valor de la ordenada de la curva presión constante es el mismo que el de la bomba, para el mismo volumen.

Si se asume que la parte recta de la curva es $T = -Gv$ en donde $-G-$ es la recíproca del flujo y $-v-$ el volumen en el punto de cambio, el punto de cambio se puede encontrar por las fórmulas:

$$F = \frac{1}{G} = \frac{A^2}{2av + Ab}$$

$$V = \frac{GA^2 - Ab}{2a}$$

El tiempo para alcanzar este valor de $-v-$ por supuesto es $-Gv-$.

Desde este punto en adelante se seguirá una curva a presión constante. Para encontrar la fórmula para esta sección de la curva, debe localizarse primero el punto de cambio. Si llamamos a éste volumen $-v-$ y al volumen al final del ciclo de filtración $-V-$ entonces se puede decir que el tiempo requerido para ir de $-v-$ a $-V-$ es:

$$TV - V^2 = \frac{a(v^2 - v^2) + Ab(v - v)}{A^2}$$

El tiempo total para filtrar un volumen $-V-$, es entonces:

$$T = \frac{av^2 + AbV}{A^2} - \frac{av^2 + Abv}{A^2} + Gv$$

y substituyendo $(GA^2 - Ab)/2$ a por v , llegamos a:

$$T = \frac{av^2 + AbV}{A^2} + \frac{(AG - b)^2}{4a} \quad \text{--- (5)}$$

Esta fórmula provee un método no gráfico para encontrar el tiempo total de filtración cuando se usa una bomba de desplazamiento positivo. Hay que notar que el tiempo de filtración es siempre mayor que el que se requiere para una filtración a presión constante.

Ya que se requiere un período más largo de tiempo para filtrar la misma cantidad a través de la misma área de filtración, se debe escoger un filtro un poco más grande. Por ejemplo, si se quiere fil-

trar 400 litros en 100 minutos, se necesita un fil
tro más grande que 0.135 m^2 y una bomba con una ca
pacidad cuando menos de 4 l.p.m. Si se planea ope-
rar la bomba a 4 l.p.m. la válvula de alivio no de
be abrir hasta que la filtración esté completa, en
tonces el filtro debe ser de un tamaño tal que el
flujo al final del ciclo sea 4 l.p.m.

De la fórmula $F = A^2 / (2 a V + A b)$ se puede cal-
cular el área requerida. En el ejemplo sería neces-
sario un filtro de 0.188 m^2 de área (nótese que -
aquí se usó la fórmula que relaciona los flujos al
volumen y al área. Previamente para obtener 0.135
 m^2 se usó la fórmula que relaciona el área al tiem
po y al volumen).

Si se permite que la bomba recircule durante todo
el tiempo ó una parte de él, entonces el área ten-
drá que usar cierto criterio. Con un filtro grande
podemos usar una bomba más pequeña, pero los fil-
tros grandes cuestan más que una bomba mayor. Un -
pequeño incremento en el tamaño del filtro tiene -
más efecto que un incremento igual en la bomba. Pe
ro como una buena referencia un incremento del 10%

en el área del filtro y un 25% de aumento en la capacidad de la bomba será suficiente.

En el ejemplo un filtro con 0.135 m^2 con una bomba de 5 l.p.m. de capacidad, requerirán 102 minutos para filtrar 400 litros.

La determinación del tamaño de una combinación de filtro-bomba centrífuga, sigue generalmente las mismas reglas. A menos de que se conozca la ecuación que exprese la relación entre la carga dinámica y el flujo de una bomba centrífuga, el rango de flujo deberá ser estimado. Generalmente se necesita un incremento del 10% en el área de filtración para una bomba con flujo y presión finales aproximándose a los requeridos a presión constante.

Con la bomba centrífuga nunca dará una presión constante a menos de que se instale una válvula de alivio, los cambios de presión a los flujos bajos son pequeños y la desviación será de unas cuantas décimas de Kg/cm^2 cuando más.

En la gráfica # 2 la línea punteada representa una curva típica para un filtro usando bomba centrífuga.

no hay un punto en el que tenga una desviación vio lenta y la parte final de la curva es paralela a - la curva modelo a presión constante.

Por supuesto cuando se está determinando el tamaño del filtro ó de la bomba no se puede esperar que - el equipo con el área exacta con las condiciones - requeridas, por lo que se debe hacer la selección de los modelos disponibles que tengan al menos los requerimientos mínimos.

LONGITUD DEL CICLO OPTIMO PARA PRESIONES CONSTANTES.

En el caso de que un filtro vaya a ser operado con el mismo producto semi-continuamente, esto es cambiado y vuelto a poner en operación lo antes posible, es deseable conocer que tanto tiempo deberá - ser operado antes de pararlo para efectuar la limpieza. El flujo del filtro será por supuesto una - curva en constante descenso y por lo tanto es ne - cesario saber exactamente cuando la filtración debe ser detenida con el objeto de tener el volúmen de filtrado mayor posible por unidad de tiempo de operación.

Ahora se tendrán que considerar 2 clases de tiempo el productivo y el no productivo. Durante el tiempo productivo, el filtro está entregando un filtrado claro ó acumulando una torta sin pérdida de sólidos. El tiempo no productivo es el que se requiere para llenar y vaciar el filtro para limpiarlo, recircular o formar precapa y para cualquier otra operación que no es productiva. Se llamará -T- al tiempo productivo, igual que anteriormente y para distinguir entre las 2 clases de tiempo se llamará -T'- al tiempo no productivo.

La gráfica # 3 representa una curva de filtración típica con un volumen filtrado total contra el tiempo total contra el tiempo productivo, a la izquierda se indica el tiempo no productivo a la misma escala que el tiempo productivo.

Si se traza una línea desde el punto que representa el tiempo no productivo para esta filtración, de modo que ésta sea tangente a la curva, entonces el valor de V y T al punto de tangencia indicará donde la filtración debe detenerse.

El promedio de volúmen filtrado en el total del tiempo (productivo + no productivo) es la medida de la eficiencia de la operación. La mayor cantidad de líquido filtrado que sea posible obtener en el tiempo total, representará una mayor eficiencia en la operación.

En la gráfica # 3, es evidente que el mayor valor de v dividiendo entre $T' + T$ es el $\frac{v}{T' + T}$ de tangencia y es a estos valores de V ó T que la filtración deberá detenerse para efectuar la limpieza del filtro.

La curva representada $T = \frac{aV^2 + AbV}{A^2}$ a presión constante.

La pendiente de la tangente a esta curva representa el flujo y es igual a $\frac{v}{T' + T}$ entonces:

$$\frac{v}{T' + T} = \frac{A^2}{2aV + Ab}$$

$$2aV^2 + AbV = (T' + T) A^2$$

$$2aV^2 + AbV = (T' + \frac{aV^2 + AbV}{A^2}) A^2$$

$$2aV^2 + AbV = T' A^2 + aV^2 + AbV$$

$$a v^2 = T' A^2$$

$$v = A \sqrt{\frac{T'}{a}}$$

Para encontrar el valor óptimo de volúmen filtrado al que se debe detener la filtración se necesita - conocer el área de el filtro, el tiempo improductivo y la constante -a-. No es necesario conocer el valor de la constante -b- para encontrar el punto final en función del volúmen.

De la fórmula anterior y sustituyendo nuevamente - de la fórmula $T = \frac{a v^2 + Abv}{A^2}$ se puede represen - tar el punto final en función del tiempo:

$$T = T' + b \sqrt{\frac{T'}{A}} \text{ -----(6)}$$

Con el objeto de encontrar el valor óptimo del tiempo al cual se debe parar la filtración, no es necesario conocer el área del filtro sino únicamente - los valores del tiempo no productivo y de las constantes -a- y -b-. Nótese que el tiempo de filtración es siempre mayor que el tiempo no productivo.

LONGITUD DE CICLO OPTIMO USANDO UNA BOMBA.

Previamente se ha demostrado como se deriva la fórmula para la operación con una bomba de desplazamiento positivo. De dicha fórmula se puede determinar el punto final en términos de volumen y tiempo como sigue:

$$T = \frac{a V^2 + abV}{A^2} + \frac{(AG - b)^2}{4a}$$

$$A^2 T = aV^2 + AbV + \frac{A^2}{4a} (AG - b)^2$$

$$\frac{V}{T' + T} = \frac{A^2}{2aV + Ab}$$

$$2aV^2 + AbV = A^2 T' + A^2 T$$

$$2aV^2 + AbV = A^2 T' + aV^2 + AbV + (AG-b)^2 \frac{A^2}{4a}$$

$$aV^2 = A^2 \left[T' + \frac{(AG - b)^2}{4a} \right]$$

$$V = A \sqrt{\frac{T'}{a} + \left(\frac{AG - b}{2a} \right)^2}$$

$$y \quad T = \frac{T'}{2a} + \frac{(AG - b)^2}{2a} + \frac{b}{2a} \sqrt{4a T' + (AG - b)^2}$$

La gráfica # 4 muestra lo anterior claramente, nótese de nuevo que el tiempo de filtración excede al tiempo no productivo.

En los casos en donde no se puede calcular la fórmula para la filtración, tal como sucede cuando se usa una bomba centrífuga, se podrá encontrar la longitud de ciclo óptima trazando la curva del ciclo de filtración y encontrando el punto de tangencia. (Este es el único caso en donde deberá usarse el método gráfico) esta curva por supuesto deberá usarse el método gráfico para el tiempo y el volumen de la filtración misma y deberá basarse en la operación en planta, no en teoría. Sin embargo, no es necesario usar un filtro industrial sino que uno a escala piloto será suficiente, ya que el punto final basado en tiempo es independiente del área de filtración como se muestra en ecuación (6).

Estas fórmulas no sólo ayudan a determinar el tamaño del filtro necesario, qué bomba usar con él y cuál deberá ser la longitud de ciclo óptima, sino que también aclarar algunos problemas de filtración.

T I P O S D E F I L T R O S

En la actualidad los tipos de filtros más comunmente usados y con los cuales se resuelven casi todos los problemas de filtración en la industria, son - los siguientes:

1. FILTROS DE PRESION
- 1.1 FILTROS DE CARTUCHO
- 1.2 FILTROS DE PLATOS HORIZONTALES
- 1.3 FILTROS DE HOJAS
- 1.4 FILTROS PRENSA
- 1.5 FILTROS DE GRAVA Y ARENA
2. FILTROS DE GRAVEDAD
3. FILTROS DE VACIO
- 3.1 FILTROS CONTINUOS
- 3.2 FILTROS INTERMITENTES.

1. FILTROS DE PRESION

Estos filtros tienen como característica el que se emplea la presión para impulsar el licor a través del medio filtrante.

1.1 FILTROS DE CARTUCHO.

Estos equipos están constituidos por los siguientes elementos:

Tanque

Medio filtrante

Soportes y guías del medio filtrante

Elementos de sello del medio filtrante.

TANQUE: Tipo cilíndrico vertical ó horizontal, de diseños diversos según el número de cartuchos filtrantes que sean capaces de alojar.

En la figura 1 se ilustra en corte el diseño del tanque de un filtro para contener de 1 a 3 cartuchos, en sus dos versiones de baja y alta presión.

En la figura # 2 para contener de 3 a 18 cartuchos.

En la figura # 3 para contener de 18 cartuchos en adelante.

En la figura # 4 el de tanque horizontal para contener de 12 a 89 cartuchos largos (de 750 mm. de largo) equivalentes a de 36 a 356 cartuchos de 25 cms.

MEDIO FILTRANTE: De estos reciben los filtros su nombre pues se trata en todos los casos de cilindros llamados cartuchos. Se dividen básicamente en dos tipos que son: de Area y de Profundidad.

CARTUCHOS DE AREA.- Son cilindros de metales sin terizados, de mallas de alambre, cerámica o papeles plizados impregnadas de resinas. Los metálicos se fabrican en diversos materiales como son aceros inoxidables, monel, níquel, hastelloy, bronce fierro etc., en diámetros que van de 63 mm. que es la medida regular hasta 113 mm. y en longitudes desde 76 mm., 254 mm. que es la medida regular y hasta -

760 mm. Estos cartuchos se comportan según la --
teoría descrita en el Capítulo II (ilustraciones -
en la figura # 5).

CARTUCHOS DE PROFUNDIDAD. Son cilindros formados por cordones enrollados a un núcleo cilíndrico - la estructura del encordado toma la forma de diamante y se fabrican de diversas fibras de multifilamento de densidades graduadas para retener - partículas desde 100 hasta 0.5 micras. La remoción progresiva de partículas desde la superficie exterior hasta el núcleo proporciona la filtración de profundidad y mayor capacidad de retención de sólidos contaminantes (figura # 6).

Los materiales de la fibra del encordado son al - godón, lana, dynel, fibra de vidrio, rayón, orbón acetato de celulosa, etc. y los núcleos son de -- acero inoxidable, níquel, monel, resina fenólica polipropileno, etc.

También existen cartuchos de carbón aglomerado, - celulosa, estopa, etc.

SOPORTES, GUIAS Y ELEMENTOS DE SELLO DEL MEDIO FILTRANTE. Estos elementos son de muy diversas formas y diseños y se fabrican en materiales semejantes a los del tanque del filtro en el cual serán - usados (figura # 7)

FUNCIONAMIENTO. El licor a filtrar se introduce al tanque a presión y una vez que éste se llena, la misma presión obliga al fluido a pasar a través del cartucho quedando las partículas contaminantes retenidas en la superficie exterior del mismo, cuando es de área y atrapadas desde la superficie hasta el núcleo cuando es de profundidad, saliendo el fluido libre de partículas por la parte interna del núcleo hacia la descarga del filtro.

APLICACION. Este tipo de filtros por sus características de diseño se utiliza principalmente para filtrar líquidos que contienen porcentajes muy bajos de sólidos en suspensión hasta 0.5% y en operaciones de pulido o de seguridad, después de otro filtro que haya removido la mayor parte de sólidos. Son muy usados en líneas de embotellado de bebidas, aceites, productos farmacéuticos y químicos, agua, combustibles, etc.

1.2 FILTROS DE PLATOS HORIZONTALES.

Estos filtros están construidos por los siguientes elementos:

Tanque

Cartuchera

Elemento de fijación de la cartuchera al tanque

Medio filtrante.

TANQUE. De tipo cilíndrico vertical con diámetros de 25, 40, 52, 91 y 122 cms. normalmente y una altura de acuerdo con el número de platos que contengan. Las tapas son tipo toriesféricas y los fondos del mismo tipo ó planos, si tienen placa de barrido. En la figura # 8 se muestra un tanque típico. Los materiales de construcción son de acero al carbón ó aceros inoxidables, aleaciones especiales, recubiertos ó plásticos.

Las presiones de diseño normalmente son de 4 Kgs/cm² ó más cuando se requiere y pueden construirse con chaqueta para control de la temperatura del licor.

El número de platos que pueden contener los tanques son como sigue:

- En 25 cms. de diámetro de 3 a 9 platos de 20cms Ø
- En 40 cms. de diámetro de 4 a 7 platos de 34.5cms Ø
- En 52 cms. de diámetro de 4 a 30 platos de 46cms Ø
- En 91 cms. de diámetro de 7 a 42 platos de 86cms Ø
- En 122 cms. de diámetro de 15 a 30 platos de 117cms Ø

CARTUCHERA. Se llama así al conjunto de platos que soportan el medio filtrante. En la figura # 9 se muestran 4 diferentes tipos de cartuchera (con 4 diferentes tipos de platos) y sus elementos.

PLATOS. Los platos son discos que sirven de soporte al medio filtrante y existen diseños para sostener uno ó dos de ellos, además de cada tipo los hay para uso de medios filtrantes reemplazables ó permanentes lavables. Ver figura # 10.

PLACA DE BARRIDO. Este aditamento es un plato extra el cual se usa únicamente al finalizar el ciclo de filtración, haciendo pasar a través de él el líquido remanente en el tanque del filtro, obteniendo así la totalidad del licor filtrado.

ELEMENTOS DE FIJACION DE LA CARTUCHERA AL TANQUE.

En este tipo de filtros se tiene normalmente una copa localizada sobre el orificio central del plato, superior y un tornillo que pasa a través de ella, hasta la brida interior del tanque.

MEDIO FILTRANTE. Se puede usar medios filtrantes de papel, lona ó malla.

FUNCIONAMIENTO. El licor a filtrar se introduce al tanque a presión y una vez que éste se llena obliga al líquido a pasar a través del medio filtrante, quedando las partículas en suspensión en la superficie del mismo, descargando el líquido claro al colector central.

APLICACION. Este tipo de filtros se usa para líquidos con un contenido de sólidos hasta de 1% normalmente y en operaciones de pulido. Se emplean generalmente en líneas de embotellado, bebidas, productos farmacéuticos, pinturas e industria química en general.

1.3 FILTROS DE HOJAS.

Normalmente estos filtros están constituidos de -
los siguientes elementos:

1.3.1. Tanque

1.3.2. Hojas

1.3.3. Medio filtrante.

1.3.1. TANQUE:

El tanque puede ser cilíndrico vertical ó horizontal ó de sección elíptica, con variados sistemas -
cierre y tipo de tapas.

Tapas toriesféricas con cierre de tornillos de anillo giratorio. Tapas planas con cierre de tornillos ó de tipo de araña. Tapa longitudinal en el tanque con tornillos. Tapa de forma elíptica usando como -
elemento de sello la presión interior del tanque. -

Puede ser estacionario ó de tipo retractable y construido de diferentes materiales como son acero al carbon, acero inoxidable ó aleaciones especiales -
con recubrimientos anticorrosivos y con chaquetas para control de temperatura, donde se requiere.

Algunos de estos tipos pueden ser automatizados.

1.3.2. HOJAS:

Generalmente están construídas de malla metálica - abierta, metal desplegado, materiales plásticos ó láminas perforadas, dispuestos de tal forma que -- permitan el drenado del licor filtrado hacia la - descarga. Pueden ser circulares ó rectángulares, - giratorias, móviles ó fijas, con soporte para me - dio filtrante por uno ó ambos lados, con descargas en la parte central, inferior, superior ó latera - les, con elemento de sello tipo "O" ó brida.

1.3.3. MEDIO FILTRANTE:

Estos filtros usan el tipo de medios filtrantes per manentes lavables, como son lonas de diferentes fi - bras o telas metálicas.

1.3.4. OPERACION:

El licor a filtrar se introduce al tanque a presión obligándolo a pasar a través del medio filtrante, - quedando los sólidos en suspensión en la superficie del mismo, drenado el líquido claro por la parte -- interior de la hoja hacia la descarga y de ahí al - colector general localizando en el exterior ó en -

el interior del tanque.

Generalmente en este tipo de filtros se requiere - que antes de iniciar la filtración del licor se -- forme la precapa, una vez obtenida ésta, se proce- de a alimentar el licor por filtrar y en caso ne - cesario el agregado posterior, continuando la fil- tración hasta que ocurra una de las siguientes con- diciones:

- 1? Que se termine el licor por filtrar.
- 2? Que se considere ocupado por los sólidos re- tenidos, el volúmen de torta disponible.
- 3? Que la caída de presión alcance su valor -- predeterminado.
- 4? Que el flujo se reduzca hasta el grado de - que sea antieconómico continuar.

Una vez que se ha dado por terminada la filtración y dependiendo de las necesidades del proceso, se - efectúan las siguientes operaciones ó algunas de - ellas:

Soplado
 Drenado
 Lavado de torta
 Descarga de torta

Limpieza

Revisión y preparación del equipo
para el nuevo ciclo.

1.3.5. DISEÑOS:

Existen los siguientes:

- 1.3.5.1. Hoja vertical en tanque vertical. Fig. 11
- 1.3.5.2. Hoja vertical en tanque horizontal. Fig 12
- 1.3.5.3. Hoja horizontal en tanque horizontal Fig -
13.

1.3.5.1. HOJA VERTICAL EN TANQUE VERTICAL. (Fig --
11). Son de construcción sencilla económicos con -
sistema de descarga de torta en húmedo, por medio
de espreas fijas ú oscilantes ó en seco por medio
de vibradores.

Se fabrican en capacidades de 2 a 55 m² de área de
filtración y de 90 a 1,100 lts. de volumen de tor-
ta , usándose para la filtración de licores con un
contenido de sólidos en suspensión hasta de 2%; --
obteniéndose flujos de 50 a 1200 lts/min., los vo-
lúmenes mínimos de los lotes del licor a filtrar -

van de 2,000 a 6,000 lts.

Sus principales aplicaciones son en la filtración de: resinas, cerveza, azufre, aromáticos, silicatos, azúcar, jarabes, aceites, agua, alcoholes, jugos de frutas.

1.3.5.2. HOJA VERTICAL EN TANQUE HORIZONTAL (Fig-12) Estos filtros tienen como características generales que pueden descargar torta tanto en seco como en húmedo, son de fácil automatización, sus placas son iguales entre sí, pueden tener gran capacidad de volumen de torta y pueden tener varia dos diseños, como son:

- a). Tanque fijo, hoja circular fija ó rotatoria; colector central fijo ó rotatorio; tapa de bisagra; espreas fijas ó oscilantes.

- b). Tanque retractable suspendido ó soportado; - hojas fijas; colector inferior; tapas fijas y -- esfeas fijas ó con movimiento longitudinal.

c). Tanque fijo; tapa y hojas retractables; colector inferior espreas fijas 6 con movimiento longitudinal.

Se fabrican en capacidades de 9 a 280 m² de área - de filtración y de 200 a 14,000 litros de volúmen de torta, usándose para la filtración de licores - con un contenido de sólidos en suspensión hasta de 4%, obteniéndose flujos de 200 a 6,000 lts/min. -- Los volúmenes mínimos de los lotes del licor a filtrar van de 15,000 a 380,000.

Sus principales aplicaciones son en la filtración de: productos químicos y petroquímicos, aceites vegetales, grasas, aditivos, azufre, azúcar, cerveza.

1.3.1.3. HOJA HORIZONTAL EN TANQUE HORIZONTAL. -- (Fig' 13). La principal característica de estos filtros es que las hojas filtran por el lado superior evitando con esto la caída prematura de la torta - cuando se interrumpe la filtración y se usan principalmente para la filtración de productos de los cuales se desea recuperar el sólido, se fabrican en dos tipos:

- a). De charolas
- b). De hojas que giran 90°

En los primeros es necesario abrir el filtro para sacar las hojas y descargar la torta mientras que los segundos pueden considerarse semicontínuos, ya que no es necesario abrirlos entre ciclos; son fácilmente automatizables y se usan para productos delicados, tóxicos ó inflamables, requiriendo poca mano de obra relativamente.

El área de filtración va de 4 a 28 m², con volúmenes de torta de 100 a 1,400 litros, usándose para la filtración de licores con un contenido de sólidos en suspensión hasta 5%, obteniéndose flujos de 100 a 700 lts/min. Los volúmenes mínimos de los lotes a filtrar van de 2,500 a 17,500 lts.

1.4 FILTROS PRENSA (Fig. 14)

Están constituidos por dos soportes extremos sobre los cuales se colocan en uno el cabezal fijo y en el otro el sistema de cierre, dos barras paralelas horizontales sobre las que se colocan y deslizan las cámaras filtrantes y el cabezal móvil.

CABEZAL FIJO. En esta pieza se instalan las boquillas de alimentación y en algunos casos la de descarga y es además contra la cual se prensan las -- cámaras filtrantes y el cabezal móvil.

CAMARAS FILTRANTES. Se forman por placas cóncavas ó por juegos de placa y margo (Fig. 15).

- a) Placas cóncavas. Son aquellos que sirven de soporte del medio filtrante y además forman el -- volumen de torta.
- b) Juegos de placa y marco. La placa soporta al -- medio filtrante y el marco contiene el volumen de torta.

CABEZAL MOVIL. Es una pieza similar al cabezal fijo contra la cual actúa el sistema de cierre para deslizar las cámaras filtrantes y sellar el filtro.

SISTEMA DE CIERRE. Es un dispositivo mecánico, hidráulico ó manual que sirve para prensar los elementos colocados sobre las barras paralelas.

Las principales diferencias entre los diferentes tipos de filtros prensa se debe a lo siguiente:

a). Placas cóncavas. Con alimentación central y fijación del medio filtrante con tuercas, de descarga individual (abierta) ó a un orificio que al presarse las placas forman un colector (descarga cerrada) con alimentación en una de las esquinas y fijación del medio filtrante por medio de un cordón calafateado alrededor. Estas placas tienen además la característica de que deben llevar empaque periférico para efectuar el sello entre una y otra placa. Con descarga abierta ó cerrada, con entrada de aire entre la placa y el medio filtrante para descargarse la torta.

b) Placas y marcos. Con alimentación central, descarga abierta ó cerrada. Con alimentación en una de las esquinas, descarga abierta ó cerrada. Todos los tipos de placas pueden tener boquilla para efectuar la operación de lavado y descarga del mismo y se fabrican en diferentes metales, madera, polipropileno, nylon, fibra de vidrio, recubrimiento, etc.

c) Sistema de cierre:

- c1- de tornillo
- c2- de tornillo con engranes y matraca
- c3- hidráulico manual
- c4- hidráulico eléctrico
- c5- mecánico con engranes y motorreductor.

d) Sistemas de apertura:

- d1 - manual
- d2 - hidráulico
- d3 - mecánico.

OPERACION. Una vez que se ha colocado el medio fil trante y cerrado la prensa a presión previamente - establecida de acuerdo con el material y tamaño de las placas, del medio filtrante y de la presión de operación , se procede a alimentar el licor por -- filtrar, el cual entré a la cámara y una vez que - la llena pasa a través del medio filtrante y des - carga por los orificios de la placa hacia la salid - da, quedando los sólidos adheridos al medio fil -- trante. Una vez que se ha terminado el licor, que se llene el volumen de torta disponible o que el - efluente ha disminuído a niveles antieconómicos, - se procede a soplar, lavar abrir y descargar la - torta, lavar ó reponer el medio filtrante y proce-

dar con el siguiente ciclo.

En estos filtros por facilidad de descarga de torta es conveniente continuar la filtración hasta que el volumen de torta ha sido completamente ocupado.

El área de filtración va de 1 a 200 m², con volúmenes de torta de 10 a 4,000 lts., usándose para la filtración de licores con un contenido de sólidos en suspensión de hasta 10% obteniéndose flujos de 80 a 26,000 lts/min., los volúmenes mínimos de los lotes a filtrar van de 200 a 20,000 lts.

Sus principales aplicaciones son en la filtración de: aceites, jarabes, grasas, jabones, metalúrgicos, farmacéuticos, cerveza, anilinas, pigmentos, y vinos.

1.5. FILTROS DE GRAVA Y ARENA (Fig. 16)

Están constituidos de un tanque, un distribuidor de agua, un dren inferior ó colector de agua filtrada, de varias capas de grava y arena de diferentes tamaños, de un sistema de lavado de superficie y de entrada de hombre.

Las capas de grava varían entre 20 y 50 cms. de espesor y los lechos de arena de 45 a 75 cms. de espesor.

OPERACION. Se introduce el licor a filtrar por el distribuidor instalada en la parte superior, obligándolo a pasar a presión a través de los lechos y se recirculan hasta que el efluente aparece libre de partículas en suspensión, procediendo a -- continuar con la filtración hasta que la caída de presión a un flujo de 300 a 600 lts/min/m² de área de filtración; es en esta operación cuando se utiliza aproximadamente el 3% del licor filtrado y se efectúa en ciclos de 6 a 24 hrs.

El área de filtración va de 0.5 a 15 m², obteniéndose flujos de 50 a 1,500 lts/min., los volúmenes mínimos de los lotes a filtrar van de 3,600 a --- 50,000 lts.

Su aplicación principal es la filtración de agua para la industria.

2. FILTROS DE GRAVEDAD (Fig. 17)

La característica de estos filtros es que se utiliza la acción de la gravedad como medio impulsor para hacer pasar el licor a través del medio filtrante.

Están básicamente constituidos por un recipiente, un soporte del medio filtrante, medio filtrante, - un distribuidor de la alimentación y un colector - de descarga.

RECIPIENTE. Pueden ser rectangulares ó circulares y se construyen de acero, concreto ó madera.

SOPORTE DEL MEDIO FILTRANTE. Son rígidos y con un cierto porcentaje de área abierta.

MEDIO FILTRANTE. Pueden ser lonas, mallas, capas de grava y arena, antracita, coke, etc.

OPERACION. El licor por filtrar se alimenta por el distribuidor localizado en la parte superior,

pasando a través del medio filtrante, cambio del mismo o retrolavado en forma semejante a la descrita en los filtros de grava y arena de presión.

El tipo representativo de estos filtros es el de grava y arena y se usan para acondicionamiento de aguas para la industria.

El área de filtración de estos equipos va de 1 m^2 a 25 m^2 , con flujos de 100 a 2,500 lts/min. y los volúmenes mínimos de los lotes a filtrar son de - 3,500 lts. a 60,000 lts.

3. FILTROS DE VACIO.

Se dividen en 2 grupos, continuos e intermitentes y tienen como característica principal la utilización de vacío para hacer pasar el licor a través del medio filtrante.

3.1. FILTROS CONTINUOS:

Están constituidos por un recipiente que contiene el licor por filtrar, sistema de agitación, soporte del medio filtrante, transmisión del soporte - del medio filtrante, válvula de distribución de -

vació, sistemas de lavado, compresión y descarga de la torta y conductos de descarga del filtrado.

3.1.1. FILTROS DE TAMBOR ROTATORIO.

Este tipo de filtros usa como soporte del medio filtrante un tambor rotatorio horizontal dividido en secciones longitudinales de drenaje de filtrado, las cuales están formadas por rejillas y conectadas por medio de tubos a una válvula de control automático que regula el período de vació de la zona sumergida en el líquido de la zona de secado de torta y de la descarga. El tambor tiene como eje una flecha cuyos extremos -- están montados en chumaceras que se soportan sobre la tina del licor que está abierta por el lado superior.

SISTEMA DE AGITACION. Es un bastidos de rastrillos horizontales ligeramente separados del fondo de la tina y que tiene un movimiento pendular para mantener la mezcla homogénea y evitar que se sedimente por el sólido.

SISTEMA DE DESCARGA DE TORTA. Los filtros de tambor rotatorio se diferencian entre sí por los sistemas de descarga de torta que pueden ser:

De navaja. (Fig. 18) en este sistema el medio filtrante están adherido a la superficie del tambor y la navaja está colocada paralela al mismo casi rozando el medio filtrante lo que permite descargar de este la torta.

De banda flexibe. (Fig 19) En este sistema el medio filtrante es una banda de tela, adherida al tambor en las diferentes zonas de vacío, lavado y secado de torta, separándose tangencialmente del mismo por medio de unos rodillos para efectuar la descarga fuera de la tina; el rodillo de descarga tiene una espiral con el objeto de romper la torta y facilitar la descarga.

De cuerdas y rodillos. (Fig. 20) es este sistema el medio filtrante una banda adherida alrededor del tambor, sobre la cual se montan unas cuerdas las que se separan tangencialmente por medio de un sistema

dé rodillos y después de estos, se vuelven a unir al medio filtrante. La torta que se ha formado se desprende del tambor junto con las cuerdas y descarga fuera de la tina.

Este sistema debe ser usado cuando las tortas son gelatinosas ó adheribles.

De rodillo. (Fig 21) en este sistema un rodillo con transmisión independiente gira en contacto con el medio filtrante, separando la torta de su superficie adheriéndose ésta al rodillo delcual se separa por medio de una navaja asentada tangencialmente a lo largo del mismo.

Este sistema se usa para descargar tortas delgada y pegajosas.

De precapa. (Fig. 22) En este tipo de filtros es necesario formar una precapa gruesa sobre la superficie del tambor y la descarga se efectúa por medio de una cuchilla longitudinal al tambor que tiene un sistema de avance calibrado de tal manera que separa la torta formada en cada revolución del tambor más una pequeña capa de ayuda -

filtro con el propósito de que la superficie expuesta al licor esté siempre limpia.

Este sistema se utiliza para la filtración de licores que contienen sólidos pastosos, gomosos ó coloidales ó con muy poca cantidad de sólidos en suspensión. Una ventaja de estos filtros que se obtienen efluentes de claridad muy buena y uniforme.

FUNCIONAMIENTO. Se alimenta al licor por filtrar a la tina girando el tambor lentamente hasta alcanzar el nivel de sumergencia deseado, arrancando el agitador y colocando la válvula automática en posición de acuerdo con las condiciones de sumergencia.

Se aplica vacío mediante el uso de la válvula automática a las secciones del tambor sumergidos en el líquido pase a través del medio filtrante hacia los conductos y la válvula automática, depositándose los sólidos sobre la superficie del medio filtrante que cubre la zona sumergida del tambor, mientras el tambor gira se mantiene el vacío en las secciones y la torta que emerge del líquido pasa a la --

zona de lavado o prensado, continuando el giro a la zona descargarse en forma independiente del licor filtrado por medio de la válvula automática.

La descarga de torta se efectúa según el tipo de filtro como se describió anteriormente y posterior a esta operación en la zona no sujeta a vacío se realiza el lavado del medio filtrante.

3.1.2. FILTROS DE DISCOS ROTATORIOS (Fig. 23)

Estos filtros se diferencian de los de tambor rotatorio en que el medio filtrante está soportado en sectores que unidos entre sí forman los discos dichos sectores sirven como elementos de drenaje de licor filtrado y cuya descarga individual está conectada a un eje hueco seccionado longitudinalmente en donde se localizan las diferentes zonas de vacío y al extremo del cual se encuentra la válvula automática de vacío.

La descarga de torta se realiza cuando cada sector llega a la zona de la cuchilla cortando el -

el vacío e inyectando una pequeña cantidad de aire con el propósito de inflar el medio filtrante haciendo que este se ponga en contacto con la cuchilla y caiga la torta en las divisiones del tanque hechas para tal propósito.

El funcionamiento de estos filtros es similar a los de tambor rotatorio.

3.1.3. FILTROS DE DISCO HORIZONTAL ROTATORIO (Fig 24).

En estos filtros el soporte del medio filtrante es un disco horizontal dividido en sectores cada uno de los cuales está conectando a la válvula automática central.

El disco tiene paredes alrededor de sus circunferencias interior y exterior, las cuales limitan la circulación de la alimentación. Después de formada lavada y secada la torta se descarga ésta en forma continua por medio de un tornillo sin fin que gira paralelamente a la superficie del filtro, pasando muy cerca del medio filtrante.

Se usa normalmente para la filtración de suspensiones que sedimentan rápidamente y en las cuales es difícil mantener una suspensión homogénea; también se usa en donde se requieren altos grados de eficiencia en el lavado y en la remoción de -- las aguas madres contenidas en la torta.

3.1.4. FILTRO DE BANDA CONTINUA (Fig. 25).

En estos filtros el medio filtrante está soportado por una banda sinfín de hule, perforada que se desplaza por medio de un sistema de rodillos movidos por transmisión de engranes sobre la caja de vacío, la cual puede estar seccionada para separar el licor filtrado de las aguas de lavado. Para mantener el medio filtrante tenso y alineado en uno de los extremos se separa del soporte por medio de un rodillo tensor.

La descarga de la torta se realiza en el extremo opuesto por medio de una cuchilla raspadora.

FUNCIONAMIENTO. El licor a filtrar se alimenta por gravedad por la parte superior en el extremo opuesto a la descarga a lo ancho de la banda, siendo transportado por la misma sobre las cajas de vacío en donde se efectúan las diferentes etapas de filtrado lavado y secado de la torta, pasando ésta posteriormente hacia la zona de descarga. El medio filtrante se lava con un sistema de espreas o en una tina que contiene solventes y un sistema de cepillos quedando así listo para continuar con el -

3.2. FILTROS. INTERMITENTES.

3.2.1. DE HOJAS:

Consisten en una serie de hojas unidas a un colector común conectado a una línea flexible de vacío.

OPERACION. El conjunto de hojas se sumerge en una tina que contiene el licor por filtrar aplicándose vacío, con el objeto de hacer pasar el líquido a través del medio filtrante formando la torta -- sobre la superficie de las hojas; una vez terminada la filtración y manteniendo el vacío se saca -- se quita el vacío y aplicando presión a través de la línea, se descarga la torta.

3.2.2. DE BANDA (Fig. 26)

Estos filtros son similares en construcción a los continuos de banda, con la diferencia que tienen un bastidor en la parte superior a lo largo de la caja de vacío.

OPERACION. El bastidor se baja hasta hacer sello con el medio filtrante y se alimenta el licor -- aplicando vacío hasta obtener el espesor de torta deseado. Se cierra la alimentación y se abre la del líquido de lavado; una vez terminada esta operación se mantiene el vacío para secar la torta, se levanta el bastidor y la banda se desplaza con objeto de dejar bajo el bastidor una zona de medio filtrante limpio para el siguiente ciclo.

Generalmente la operación de estos filtros se efectúa en forma automática con controles de --- tiempo.

S E L E C C I O N D E L E Q U I P O

F U N C I O N A L M E N T E

Para proceder a la selección de un filtro es necesario tener un amplio conocimiento de las características del licor por filtrar tales como:

Composición química, peso específico, viscosidad, volatilidad, toxicidad, flamabilidad, pH, porcentaje, tamaño, densidad en húmedo y compresibilidad de los sólidos, así como temperatura de filtración requerida, calidad deseada del filtrado si se quiere recuperar la torta, el filtrado ó ambos. Si se necesita lavar la torta y en este caso con qué líquido, limitación en cantidad de líquido para lavar, necesidad de obtener por separado el filtrado y el líquido de lavado, porcentaje de humedad permitido en la torta, posibilidad de usar ayuda filtro, cantidad de licor a filtrar y en que tiempo longitud de ciclo deseado.

Los factores que influyen en la selección funcional del filtrado son: toxicidad, flamabilidad y volatilidad, porque estos nos indicarán la necesidad de usar un filtro cerrado a prueba de explosión el pH que determina el material de construcción ne

cesario para las partes en contacto con el líquido; porcentaje de sólidos que reduce el número de posibilidades de selección; compresibilidad y tamaño de los sólidos que indica la necesidad de usar ayuda - filtro y que el filtro sea de presión o de vacío; - la temperatura de filtración que indica si es necesario un control de temperatura; la recuperación -- de la torta que dirige la selección hacia los filtros que por sus características ofrecen facilidad en la descarga de la misma; la necesidad de lavar - la torta, la cantidad de líquido de lavado, el porcentaje de humedad permitido en la torta, así como la cantidad de licor a filtrar son factores que en conjunto o separadamente limitan el número de posibilidades de selección.

Se determinan en pruebas de laboratorio las constantes de la resistencia de la torta y de la resistencia fija y aplicando las fórmulas indicadas anteriormente se determina el área de filtración necesaria - así como el espesor de torta máximo. Con el conocimiento de los factores mencionados anteriormente así como las características de los equipos de filtración que se fabrican y que se resumen en la tabla No. 2,

se puede determinar desde el punto de vista funcional el 6 los tipos de filtros que pueden usarse para la solución del problema.

Es conveniente de ser posible pedir a los fabricantes que suministren equipos de prueba a nivel de planta piloto para verificar los datos obtenidos en el laboratorio y funcionamiento de los equipos seleccionados para de esta manera efectuar un análisis comparativo de las ventajas y desventajas de cada equipo.

M E D I O S F I L T R A N T E S

Medio filtrante es en general cualquier sustancia o producto poroso que realiza la separación de -- partículas sólidas durante el proceso de filtra -- ción.

Como puede deducirse de la anterior definición, - existe una amplia variedad de materiales (granu - lares o fibrosos) que han sido empleados como me - dios filtrantes, siendo los más comunes: arena, - grava, fibras vegetales, precipitados, papel fil - tro, fibras celulósicas, productos de algodón, la - na, seda, cerdas animales, lino, cáñamo y materia - les sintéticos, así como hule asbesto en fibra, - materiales tejidos y no tejidos de todo tipo, ma - llas metálicas, placas metálicas perforadas, pie - dras porosas, carbón, bagazo, aserrín, tierras de infusorios, diatomita, etc..

Para el técnico que se ve en la necesidad de re - solver un problema de filtración, la selección del medio filtrante óptimo puede ser un trabajo desco - ncertante. Desafortunadamente, la teoría de la fil -

tración no ha avanzado hasta un punto donde puede ser de gran ayuda para la determinación óptima -- apropiada del medio filtrante.

El técnico en la gran generalidad de los casos se encontrará con un número infinito de combinaciones de materiales, hilaturas, estructuras, tejidos y - acabados.

De acuerdo a lo estipulado, la experiencia se convertirá en la mejor ayuda para la selección adecuada y óptima, debido a que se encuentran en el mercado una gran variedad de combinaciones y construcciones.

Con tal propósito nos permitimos perseguir los siguientes objetivos:

- a) Mostrar las disponibilidades actuales en el campo de los medios filtrantes.
- b). Proveer de una guía de cada tipo, que puede -- servir para la selección del medio filtrante óptimo.

DISPONIBILIDADES:

Se incluyen principalmente medios y telas filtrantes (naturales y sintéticas), mallas metálicas, -- cartuchos, papeles filtro, membranas microporosas y materiales no tejidos para la filtración de sistemas sólido-líquido; alguno de los medios filtrantes prominentes que no se abarcan son; tierras de diatomea, carbón activado y en general todo tipo de ayuda filtros.

Aproximadamente un tercio de las fibras textiles - sintéticas y naturales son usadas para propósitos industriales, de los cuales nos encontramos que -- sólo una pequeña parte es empleada en el campo de la filtración.

A continuación se describen estos tipos de fibras y su potencialidad.

a). Algodón

El algodón cuenta actualmente con el mayor porcentaje dentro de la fabricación y aplicación de medios

filtrantes, debido a su reducido costo, además de que cuenta con magnífico esfuerzo mecánico y buena resistencia a la abrasión, así mismo ofrece excelente retención a las partículas debido a la longitud de sus filamentos, otra ventaja es que esta fibra cuenta con una buena resistencia a la degradación térmica.

El algodón no es afectado por ácido diluido en frío, pero si es vulnerable al ataque por ácidos débiles en caliente o ácidos concentrados en frío. su exposición a soluciones caústicas tiene la única desventaja de hinchar la fibra, pero de ninguna manera le produce daño alguno.

b). Dacrón.

El dacrón suele encontrarse en su mayoría tejido con el objeto de proporcionarnos un medio fuerte, flexible y resistente a la abrasión, debido a que esta fibra sufre severos encogimientos después de su fabricación, ofrece una excelente retención a los sólidos, su resistencia es buena a la mayor -

parte de ácidos, con excepción de soluciones de ácido sulfúrico y ácido nítrico, así mismo su resistencia a los álcalis es excelente, sufre una completa descomposición cuando es expuesta a ácidos fuertes en ebullición y es sumamente resistente a los solventes. El dacrón tiene alta resistencia a la mohosidad y sus porcentaje de absorción de agua es relativamente bajo, del orden de 0.6 a 0.7%

c) Dynel

El dynel cuenta con un buen poder de retención y - buenas propiedades de esfuerzo a la tensión, así - como una alta estabilidad dimensional mostrando un encogimiento del 0.5% al 1% en agua a ebullición.

d). Fibra de vidrio.

La fibra de vidrio tiene aceptación dentro del campo de la filtración por su magnífica resistencia a las elevadas temperaturas.

Resiste todos los ácidos con excepción del ácido --

fluorhídrico y ácido fosfórico caliente en cualquiera de sus concentraciones, es atacado por álcalis fuertes a temperatura ambiente y por álcalis débiles a -- temperaturas elevadas. La fibra de vidrio cuenta con magnífica resistencia a la compresión, siendo vulnerable a los abrasivos pudiendo reducirse esta vulnerabilidad mediante su lubricación con aceites minerales, tiene sin embargo la desventaja de su fácil rompimiento por golpes aún débiles.

e) Nylon

El nylon después del algodón es la fibra que cuenta con mayor porcentaje como medio filtrante tejido, contando con una magnífica resistencia a la abrasión (3 veces -- mayor que el algodón).

Tiene una superficie rugosa excelente para una buena -- adherencia de la torta, no siendo atacado por el moho -- y las bacterias, así mismo cuenta con una alta resistencia a la tensión perdiendo un 15% de su resistencia --- cuando está mojado.

Otra cualidad es que para propósitos de filtración es altamente elástico siendo ideal cuando está sujeto a flexiones continuas, una gran desventaja es que este material es degradado por agentes oxidantes y ácidos minerales concentrados en caliente, - pero su resistencia a los álcalis comunes y ácidos orgánicos de cualquier concentración es excelente.

f). Acrílico (Orlon).

Se usa para propósitos de filtración, encontrándose medios tejidos en forma de monofilamentos y multifilamentos, se usa ampliamente en la recolección de polvos donde básicamente se requiere una combinación de buena resistencia a la abrasión y a las altas temperaturas.

Es resistente a ácidos minerales y su gran desventaja es que es soluble en ácido sulfúrico al 80% . Su resistencia a los álcalis débiles y álcalis fuertes es de mediana y buena y no es atacado por solventes comunes, aceites, grasas y sales neutras.

g) Polietileno.

Esta fibra se empezó a usar para propósitos de filtración, en forma tejida de monofilamento y multifilamento tejido de baja densidad, siendo de gran aceptación debido a dos causas básicas que son: su economía y su resistencia química.

Soporta álcalis, ácidos a temperatura ambiente, la mayoría de productos orgánicos, productos cristalinos abrasivos, pulpas fibrosas y otros materiales en suspensión.

h). Polipropileno

Actualmente el polipropileno ha avanzado tan rápidamente en la filtración industrial que está desplazando al polietileno y nylon debido a que cuenta con la más baja densidad de todos los medios -- filtrantes hasta hora conocidos, dando como resultado una mayor área por kilogramo de fibra usada, reflejándose desde luego en sus bajos costos de adquisición y de embarque.

La fibra cuenta con una superficie fina excelente para la descarga eficiente de la torta, evitando la oclusión del medio filtrante, su única limitación es que no puede ser trabajada arriba de -- 175F, pero sus resistencia a los productos químicos es buena tanto para ácidos y álcalis, como la mayoría de solventes con la excepción de solventes aromáticos e hidrocarburos clorinados. La absorción de humedad es baja, razón por la cual en la industria de los colorantes y pigmentos es de gran aceptación.

La producción de fibra de polipropileno se incrementa día con día y como sucede en los Estados Unidos la competencia de producción del polipropileno es tan fuerte que los costos se abaten y en un futuro no muy lejano esta fibra substituirá a la mayoría de las fibras sintéticas convirtiéndose en un tipo de medio filtrante sintético universal.

1. Tenacidad a la ruptura es el esfuerzo de tensión a la ruptura de una especie, expresado en gr/denier.

2. El polipropileno está adquiriendo gran mercado y uso dentro de la filtración siendo por el momento difícil el calcular y presuponer su monto exacto.

Mallas metálicas.

Este tipo de medio filtrante es sumamente versátil así como resistente, construídas de una gran variedad de materiales metálicos dúctiles y aleados, la malla se encuentra en el mercado en una gran variedad de aberturas, tamaños y tejidos; dependiendo del diámetro y número de alambres utilizados obtenemos sus características específicas de flujo y retención.

Las mallas metálicas son excelentes para trabajar fluidos corrosivos a altas temperaturas dependiendo básicamente del metal de construcción.

Los medios filtrantes metálicos proporcionan una buena superficie para la formación de precapa cuando se operan sobre ellas con ayuda filtro y carbones activados, se usan muy comúnmente en filtros de

platos horizontales así como, en filtros de canasta. Los materiales de construcción más usuales son: acero inoxidable 304 y 316, monel, etc. satisfaciendo la demanda de la industria alimenticia, de bebidas, química y petroquímica.

En ocasiones se utilizan metales tales como bronce, cobre, níquel, y acero al carbón para usos específicos y para usos altamente especializados se construyen en metales tales como: Hastelloy, titanio, tándalo, plata carpenter 20, inconel, etc.

Papeles filtro.

Para la mayoría de los equipos de filtración. el papel filtro es el medio filtrante de uno más común encontrándose en una gran variedad de tipos y estructuras, así como en gran variedad de fibras impregnadas o no con resinas y plastificantes. Las principales fibras usadas para la fabricación de papel filtro son: viscosa, rayón, algodón blanqueado y algunas fibras sintéticas. Actualmente el 50% del papel filtro es fabricado de rayón el 40% de algodón blanqueado con pesos que van de 20 gms/mt².

hasta 400 gms/mt².

Desde hace aproximadamente 15 años el uso del papel filtro se ha intensificado representando un 50% del mercado total de medios filtrantes, estando este solamente limitado casi exclusivamtnne para filtros - prensa y filtros de platos horizontales, para la - filtración de uan gran variedad de productos de la industria farmacéutica, alimenticas y química e intensificandose considerablemente su uso como medio filtrante en la industria de las bebidas refrescantes.

Como muchos aspectos de la filtración, el papel tiene un largo historial incrementado por significantes avances modernos que aseguran su generalizado uso por un amplio futuro. El proceso de manufactura del papel es fundamentalmente el mismo que el inventado por los Chinos y llevado a Europa por los Arabeş cuando invadieron España en el siglo XII.

Las materias primas originalmente utilizadas fueron fibras vegetales de celulosa, tales como algodón,

pasto (pasto de Esparto), y madera, pero actualmente una gran variedad de materiales fibrosos se suelen utilizar: a esto la moderna tecnología ha agregado materiales tales como: vidrio, asbesto y hasta metal.

En esencia, el proceso no es más que la dispersión de las fibras individuales de materia prima en una suspensión de agua, siendo después dicha suspensión filtrada con el propósito de obtener una hoja la cual puede ser comprimida y secada. Por variaciones en el proceso, la porosidad del papel puede variar de ser completamente impermeable a ser muy abierta. Una de las principales variables es el tamaño de las fibras, que depende tanto de la naturaleza de la materia prima como del procesamiento.

De tal forma, las fibras de celulosa son relativamente ásperas (del orden de 30 micras), pero es posible fibrarlas durante el proceso: esto quiere decir que, cada fibra no es tersa si no que es "fibrosa belluda".

Como resultado, los papeles de base celulósica tienen un bajo poder de retención en comparación con los manufacturados con otros tipos de materiales.

No obstante, la mayoría de filtraciones industriales de líquidos utilizan papeles de celulosa, puesto que son económicos y cuentan con buenas propiedades mecánicas.

Además, un papel de celulosa de buena calidad es fabricado a base de prensar las fibras con el objeto de producir porosidades finas, con otros materiales, hay la posibilidad de escoger la fibra fina, proporcionando mayor número de poros de la fineza deseada. Como resultado, los papeles de rayón nylon, etc. generalmente tienen una eficiencia de filtración tan alta como la de los papeles de celulosa rápidos, y al mismo tiempo cuenta con una mejor retención que cualquiera de los medios de celulosa.

Las características de los papeles de celulosa son similares tanto en superficies lisas como en superficies rugosas o crepés. Los medios de celulosa y

no tejidos pueden encontrarse impregnados con resinas fenólicas y melamínicas que dan apresto a los papeles, siendo el propósito primario el incrementar la resistencia del papel a la humedad y en algunos casos modificar las características de filtración.

Las características y propiedades de los papeles a pesar de las especulaciones no tiene gran variación de un producto a otro, es más, los ensayos y análisis para obtener las características tienen un estándar completamente establecido.

En la parte posterior del muestrario adjunto, pueden observarse las principales características de los papeles filtro más usuales en el mercado nacional y que cubren prácticamente todas las aplicaciones industriales.

De algunos años a la fecha se ha incrementado notablemente el uso de papeles filtro o medios no tejidos (non woven) de fibras orientales o random, debido a la cualidad de poder lavarse y por tanto utilizarlos varias veces, aunado a un menor costo que

las lonas o mallas metálicas.

Sus principales usos son en la filtración de aceites de corte o enfiemiento, agua, refrescos, jarabes, como sosten para filtro ayudas, para productos químico (debido a sus resistencias) y farmacéuticos, etc.,

Mediante el uso de combinaciones de diversos tipos de no tejidos, pueden obtenerse altos flujos y retenciones de menos de 5 micras, lo cual los hace muy verátiles para usos específicos.

Por otra parte, se pueden fabricar en diversos materiales como algodón, rayon (el más común), poliester, nylon, P.V.C., etc.. Este tipo de materiales ha empezado a usarse ventajosamente sobre la fibra de vidrio para filtración de aire.

Debido a su gran versatilidad y facilidad de fabricar medios filtrantes adecuados para cada caso particular, el campo de los no tejidos tiende a desplazar al resto de los medios filtrantes ayudados por su bajo costo:

Mediante el uso de papeles filtro puede obtenerse ya sea un pulido del líquido por filtrar, o bien un alto porcentaje de retención de sólidos, según el caso, con un alto grado de eficiencia.

Algunas de las principales pruebas que se efectúan para el control de calidad de papeles filtro son: rapidez; resistencia en húmedo, espesor, densidad, peso por m². resistencias a tensiones (en seco y húmedo), resistencia al aire, capilaridad, retención o porosidad, etc..

Además de su uso industrial, papeles filtro especiales son usados en laboratorios (papeles analíticos); en cromatografía, papeles indicadores de pH, etc.

CARTUCHOS O ELEMENTOS FILTRANTES

Estos elementos son fabricados en gran variedad de tipos y materiales que van desde algodón, celulosa prensada, papel filtro (muy usado en la industria automotriz), fibras sintéticas (nylon, orlón, rayón

polipropileno, actato de celulosa, fibra de vidrio, etc.) hasta cerámica o metales sinterizados o porosos.

Normalmente constan de un núcleo central plástico o metálico en el cual va encordado un determinado espesor del medio filtrante, esto trae como consecuencia su alto poder como filtro de profundidad.

El rango de retención de estos medios filtrantes va encordado desde 100 o más micras hasta 0.5 micras en los tipos encordados.

La limitación de los cartuchos está en su baja capacidad de retención de sólidos por lo cual no se -- recomienda, en filtraciones con contenidos de sólido mayores de 2-3%. Por otra parte, algunas de sus ventajas son su estabilidad dimensional y su larga duración.

Los cartuchos de metal sinterizado (generalmente - acero inoxidable) tienen la ventaja de poder lavarse o soplarse en forma inversa a la dirección del flujo obteniéndose de esta forma un medio filtrante

de extraordinaria duración y fácil manejo.

El éxito de los cartuchos se basa en su facilidad de operación, su versatilidad para instalarse en la línea, su baja caída de presión, y el utilizarse tanto para líquidos como para aire.

Dentro de los adelantos de este campo, se cuenta - actualmente con elementos impregandos de silicón - o teflón para dar mayor resistencia química que - otro tipo de medios filtrantes.

Sus usos principales son el pulido de agua, la filtración de aceites vegetales, aceites minerales, solventes, gasolina, resinas y barnices, bebidas alco - hólicas, soluciones de galvanoplastia, productos químicos, aire, etc.

PLACAS DE ASBESTO-CELULOSA

Las placas de asbesto - celulosa tiene gran importancia dentro de la filtración de bebidas y produgtos farmacéuticos, debido a su alto poder de reten

ción de partículas muy pequeñas aún menores de 0.1 micras, lo cual da una esterilización del producto filtrado.

Por otra parte, su uso está restringido a filtros prensa y filtros de platos horizontales debido a que la filtración debe ser a presión y sin contacto con el medio ambiente, para su correcto funcionamiento.

Las placas de asbesto - celulosa han sido agrupadas en la siguiente clasificación:

1). Clarificación: con retención de 30 a 2 micras como su nombre lo indica el uso de estas placas es para prefiltrado antes de esterilización, o - bien para productos cuyo pulido no se requiere como jarabes, jugos; etc.

2). Pulido: con retenedores de 2 a 0.75 micras, - los sólidos finos son eliminados dando un brillo a la parte filtrada, estos tipos son muy utilizados para filtración final de vinos y licores, --- cerveza, perfumes y en general todo producto que

requiere una presentación brillante.

3). Esterilización: con retención de 0.75 a menos de 0.1 micras, eliminando cualquier tipo de bacterias y microorganismos dando productos libres de cualquier contaminante. Su uso principal es la filtración de soluciones inyectables, sueros, cerveza, etc..

Debido al asbesto que contienen, estas placas reunen un buen poder de adsorción de determinados productos, como pirogenos, por lo cual son usadas también en muchos casos como materiales adsorbentes.

Para otro tipo de equipos (exceptuando filtros a presión) se cuenta en el mercado con mezclas fibrosas de asbesto - celulosa en grados semejantes a las placas, los cuales se utilizan en forma semejante a los filtro ayudas (precapa y dosificación), con lo cual se pueden obtener resultados semejantes.

La desventaja de estas mezclas es el control dentro del equipo de la uniformidad del espesor, el cual - en la placa es siempre constante.

Por otra parte, en el mercado encontramos también - placas de asbesto - celulosa impregnadas de carbón activado, las cuales aunan a la clarificación el - efecto decolorante y deodorizante del carbón. Este tipo de placa es muy usado en la decoloración y deodorización de jarabes de refrescos, jarabes para -- licores, alcohol, agua en general para cualquier aplicación de las mencionadas cualidades.

MEMBRANAS MICROPOROSAS.

Este tipo de medio filtrante, es uno de los últimos avances en este campo. Basicamte las membranas son compuestos derivados de la celulosa (actato, nitrato, esterres, etc.) elaborados por un proceso espe - cial, mediante el cual se forma una "esponja" del - material, controlando perfectamente los espacios libres, asegurando de esta forma un alto flujo y una retención de hasta 0.01 micra, por otra parte la -

desventaja de este material es su alto costo y el cuidado requerido para su transportación, almacenaje, y colocación en los equipos. (los cuales son especiales)

**ELEMENTOS ECONOMICOS
DE SELECCION**

Comunmente el ingeniero responsable de seleccionar equipos, bienes ó servicios se apoya en análisis económicos para lograr la adquisición más adecuada a las necesidades del proceso productivo que lo ocupa. Para tal efecto hace uso de los elementos económicos inherentes al tipo de equipo por seleccionar así como los insumos que requiere la operación del mismo, debido a que la relación entre los factores económicos y la capacidad de producción del equipo en cuestión indicarán finalmente el costo unitario del producto obtenido.

Aplicando el criterio anterior en el caso particular de un filtro, deberá hacerse una evaluación minuciosa y determinarse el valor del costo unitario del producto obtenido para cada uno de los equipos cuyas características funcionales permitieron una preselección y la selección final se hará por aquel que dé como resultado de dicha evaluación el valor más bajo para el costo unitario del producto obtenido.

Los aspectos económicos a considerar serán los siguientes:

Costo de adquisición
 Costo de instalación
 Costo de operación
 Costo de mantenimiento
 Costo de servicios
 Depreciación
 Amortización
 Valor de salvamento.

Aplicando la siguiente fórmula empírica económica
 se determina el costo unitario

$$Cu = \frac{Co + Cm + Cs + D + A + Vs}{P}$$

en donde:

Cu = costo por unidad de producto obtenido en
 pesos/kg. ó litro.

Co = costo de operación del filtro en pesos

Cm = costo de mantenimiento en pesos

Cs = costo de los servicios en pesos

D = depreciación en pesos

A = amortización en pesos

V_s = valor de salvamento en pesos

P = producto total filtrado en kilogramos ó
litros.

Todos estos factores están relacionados en un tiempo determinado.

COSTO DE ADQUISICION Y DE INSTALACION. Estos factores son de gran importancia ya que de ellos dependen la depreciación y la amortización y consecuentemente influyen en el costo unitario del producto y además en muchas ocasiones reducen las posibilidades de selección debido a que por ser inversiones, depende de las condiciones económicas y financieras de la Compañía al que deba de seleccionar un filtro que cumpla con los requerimientos del trabajo que va a realizar pero con la condición de que el valor de sus costos de adquisición e instalación estén de acuerdo con el presupuesto fijado para su adquisición.

En tal caso la selección se hará considerando como factores más importantes sus costos de adquisición e instalación y se adquirirá el equipo para el cu-

al dichos valores se aproximen más a los presupue-
tados, aunque no coincida con aquel cuyo análisis
dió como resultado el valor más bajo para el costo
unitario del producto obtenido. Por supuesto es re-
comendable buscar el filtro que por sus caracte -
rísticas conjugue mayor número de elementos de se-
lección.

COSTO DE OPERACION. Dentro de este renglon se con-
sideran el costo de la mano de obra y de los mate-
riales filtrantes necesarios para llevar a cabo -
una eficiente filtración y deberá dárseles la im -
portancia durante la evaluación económica selectiva
ya que en la mayor parte de los casos, la suma de
sus valores es el factor más improtante del costo
unitario del producto obtenido.

Por lo general el valor de la mano de obra neces-
aria va en relación inversa al costo de adquisición
de un filtro, de modo que de entre las posibilida-
des de selección casi siempre el equipo de más ba-
jo precio será el que para su operación requiera -
el valor más alto en mano de obra, ocurre lo mismo

en lo que respecta a materiales filtrantes, por lo que la suma de la mano de obra y los materiales -- filtrante, necesarios para la operación de un filtro manual puede exceder con mucho la diferencia -- en costo de adquisición o instalación entre éste y uno continuo ó automático, en un tiempo de operación relativamente corto.

Los restantes elementos de costo deberán analizarse y determinarse con precisión pero de ninguna --- manera tiene la importancia de los anteriormente men cionados, desde el punto de vista de sus influencias económicas para la selección de uno u otro filtro.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las consideraciones técnicas expuestas en los Capítulos anteriores se puede sacar las siguientes conclusiones:

1. La Filtración es una operación unitaria tan importante como cualquier otra que se tenga en un proceso específico.
2. La selección óptima de un equipo de filtración deberá de hacerse tomando en cuenta todas las variables enumeradas anteriormente, como son: Presión - temperatura, gasto, porcentaje en peso de sólidos en suspensión, área de filtración, resistencia de la torta, flow rate, medio filtrante, etc.
3. Poseer amplio conocimiento de los tipos de filtración disponibles para adquisición.
4. Para una aplicación específica podrá suceder en muchos casos que dos o más tipos de filtro diferentes podrá dar un buen servicio, por lo cual se recomienda hacer un estudio de costos de rentabilidad

para decidir alguno en particular, que será flexible en su aplicación y versatil en operación.

5. Por último tener una adecuada comunicación con los proveedores de este equipo por que con su información técnica y económica basados en su experiencia, ayudaran a una selección adecuada que hará una inversión más rentable.

La empresa Sin Rival S.A. desea filtrar una resina con las siguientes características:

Viscosidad 8 ck

Temperatura 100

Gaato 9000 Kg/ 3 H

Material de Construcción: SS316

Densidad 0.98

Presión 90 lb/in²

% de sólidos 2% Volumen

Interesa pulir el líquido ya que el contaminante es carbón activado agregado en una parte del proceso.

De la Tabla # 3 sacamos la razón de flujo (Flow rate) adecuada para una resina : 20 GPM/ft²

Cálculo del área de Filtración

$$\frac{9000}{3} = 3000 \text{ Kg/ Hora}$$

$$\frac{3000}{0.98} = 3061.2 \text{ l/ hora}$$

Convirtiendo en GPM

$$\frac{3061.2}{3.785} = 808.7 \text{ GPM}$$

Ahora aplicando la razón de flujo, calculamos el área de Filtración

$$\frac{808.7 \text{ GPM}}{20 \text{ GPM/ft}^2} = 40.4 \text{ ft}^2$$

Cálculo del volumen de torta

El volumen de torta lo obtenemos de la siguiente forma

Para 2% Volumen

$$9000 \text{ lts} \times 0.02 = 180 \text{ lts de volumen de torta}$$

De acuerdo a la Tabla número 2, podríamos usar por área de filtración y volumen de torta dos opciones:

- 1) Filtros de hojas verticales en tanque vertical
- 2) Filtro prensa

Ahora se haría el estudio económico encontrándose que de acuerdo al material de construcción, los filtros obtenidos tendrían el siguiente precio:

- a) Filtro de hojas verticales en tanque vertical

Precio: \$ 194 000,00

- b) Filtro Prensa con placas y marcos de fundición de acero inoxidable 316 y cierre manual

Precio: \$ 250 000,00

Para lo cual en este caso sería recomendado el uso de un filtro de hojas verticales en tanque vertical.

GLOSARIO

Los términos más comunmente usados en filtración son:

FILTRO:

Es el conjunto de elementos dispuestos de tal manera que sean capaces de efectuar la separación de sólidos suspendidos en el seno de un líquido.

AREA DE FILTRACION:

Es la superficie del medio filtrante expuesta al líquido por filtrar.

MEDIO FILTRANTE:

Es el elemento poroso del filtro a través del cual se efectúa la separación del sólido contenido en el líquido.

TORTA:

Es la acumulación de sólidos sobre la superficie del medio filtrante.

VOLUMEN DE TORTA:

Es el espacio adyacente al medio filtrante y que está destinado para contener la acumulación de sólidos.

AYUDA FILTRO:

Son materiales disgregados, amorfos que al depositarse sobre la superficie del medio filtrante forman una torta porosa facilitando así la filtración.

AGREGADO POSTERIOR:

Es la adición extra de ayuda-filtro al licor por filtrar, con el objeto de formar tortas porosas y alargar el ciclo de filtración.

CICLO DE FILTRACION:

Es el tiempo empleado para efectuar las operaciones de precapeo, filtración, lavado, descarga de torta, limpieza y reposición de medio filtrante cuando es necesario.

PRECAPA:

Es la formación antes de la filtración de una capa de ayuda-filtro con un espesor de 2 a 3 mm. sobre la superficie del medio filtrante, con el propósito de mantenerlo limpio, facilitar la descarga de

la torta y obtener ciclos de filtración más largos y uniformes; esta operación se logra recirculando a través del filtro una mezcla de licor limpio y ayuda filtro.

CAIDA DE PRESION:

Es la diferencial de presión entre la alimentación y descarga del filtro, provocada por la suma de las resistencias que presentan al paso del fluído, la - torta, el medio filtrante y la resistencia hidráulica debida a tuberías, conexiones y válvulas.

FLUJO:

Es el volumen de licor filtrado, que se obtiene a la salida del filtro por unidad de tiempo y por - unidad de área de filtración.

T A B L A 1

SELECCION DEL FILTRO CON RESPECTO A LAS IMPUREZAS

CARACTERISTICAS DE LA IMPUREZA	FILTRADO RAPIDO	FILTRADO MEDIO	FILTRADO LENTO	DILUIDO	MUY DILUIDO
Formación de torta	pulg/seg	pulg/min	0.05 - .25	menor de 0.5 pulg/min	no se forma torta
Concentración de sólidos	más de 20%	del 10 al 20%	del 1 al 10%	menor del 5%	menor al 0.1%
Sedimentación	muy rápido	rápido	lento	lento	no hay
Grado de flujo (gal/min pie ²)	mayor de 5	de 0.2 a 5	0.01 a 0.02	0.01 a 2	0.01 a 2
<u>FILTROS</u>					
Filtros rotatorios de vacío	x	x	x		
Filtros de bando continua	x	x			
Filtros de disco		x	x		
<u>FILTRO PRENSA</u>					
De hojas verticales		x	x	x	x
De hojas horizontales	x	x	x	x	x
De cartuchos					x

TIPOS DE FILTROS	RANGO DE OPERACION	APLICACION	MEDIOS FILTRANTES
Filtros de presión. Filtro de cartuchos	Sólidos en suspensión hasta 0.5% en volumen	Operaciones de pulido y acabado	Celulosa, algodón, polipropileno, acrílico, acero inoxidable, etc.
F.de platos horizontales	Sólidos en suspensión hasta 0.1% en volumen	Pulido y recuperación de sólidos.	Papel filtro, lona y malla
Filtro de hojas verticales en tanque vertical.	2 a 55 m ² de area 90 a 1100 l de volumen de torta Sólidos en suspensión has 2%	Pulido clarificado y recuperación de sólidos	Lona, papel filtro y malla
F.de hojas verticales en tanque horizontal.	9 a 280 m ² de area 200 a 14000 l de volumen de torta. sólidos en suspensión - hasta 4%	Pulido clarificado y recuperación de sólidos	lona, malla y papel filtro.
F de hoja horizontal en tanque horizontal	428 m ² de area de filtración, 100 a 1400 l de volumen de torta. Sólidos hasta 5%.	Pulido clarificado y -- recuperación de sólidos	malla, lona y papel filtro.
Filtro prensa	1 a 200 m ² de area de filtración, 10 a 1400 l de volumen de torta. Sólidos en suspensión hasta 10% en peso.	Clarificado y recuperación de sólidos.	Lonas, papel filtro, malla.
F.de grava y arena.	De 5 a 15 m ² de area de filtración	Clarificación de agua para la industria	Arena silica.
<u>FILTROS DE VACIO:</u>			
F.rotatorios de vacío F. de discos rotatorio	Sólidos en suspensión más del 10% en peso.	Recuperación de sólidos en operación continua.	lonas.

Determinación de la vida de un cartucho

1.- Cuando la cantidad de solidos esta dada en PPM

$$\text{Vida total en Horas} = \frac{(200) (T) (C)}{F \times P \times G}$$

2.- Cuando el contenido de solidos esta dada en % del peso

$$\text{Vida total en Horas} = \frac{(0.2) (T) (C)}{(F) (\%) (G)}$$

- Donde:
- T = Número de demandas en la instalación
 - C = Capacidad de retención de solidos de el elemento
 - 0.10 # para fibra de vidrio (Cualquier retención)
 - 0.10 # de 1 a 3 micras
 - 0.25 # de 5 a 20 micras
 - 0.50 # de 25 a 100 micras
 - F = Flujo total en GPM
 - G = Gravedad especifica de la solución
 - P = PPM de suciedad en suspensión en la selección
 - % = % en peso de solidos en suspensión.

Basado en una AP = 25 PSI



175 P.S.I. @ 250° F
Conexiones 3/4 e 1" NPT

1B1

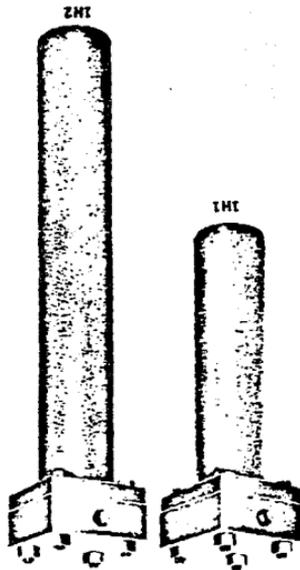


1B2



FIGURA No. 1 FILTRO DE CARTUCHO BAJA PRESION

FIGURA No. 1 FILTRO DE CARTUCHO DE ALTA PRESION



1000 P.S.I. @ 250° F
Conectores 3/4" @ 1" NPT

125 P.S.I. @ 250° F
Conexiones 1 1/2" o 2" NPT

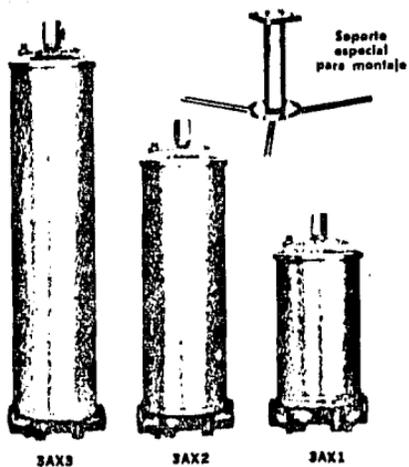


FIGURA No. 2 FILTRO PARA CONTENER DE 3 A 18 CARTUCHOS

**CUERPOS DE FILTROS
PARA CAUDALES ELEVADOS**

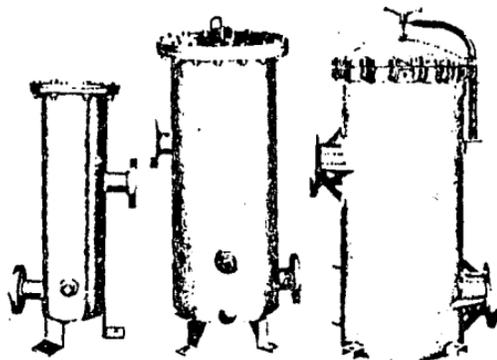
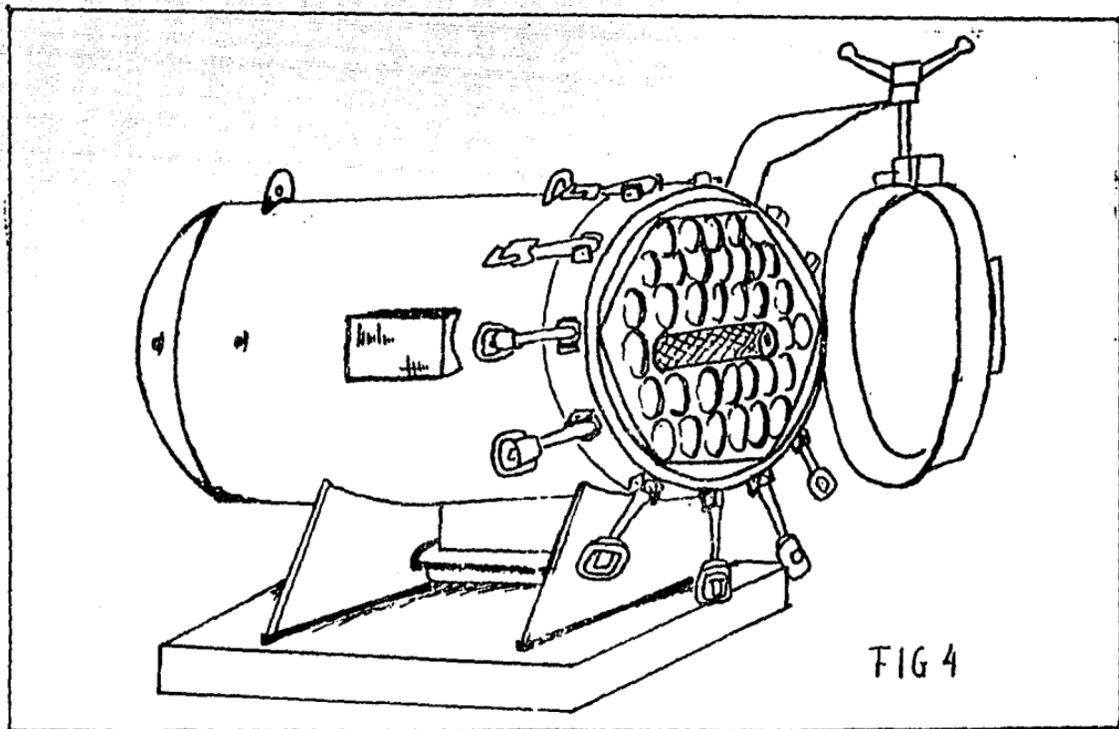


FIGURA No. 3 FILTRO PARA CONTENER DE 18 CARTUCHOS EN ADELANTE



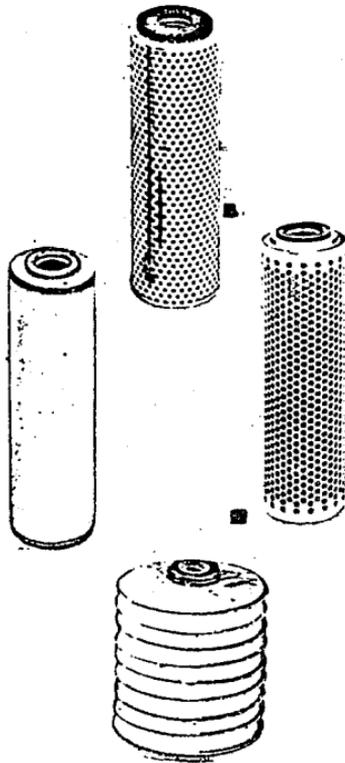


FIGURA No. 5 CARTUCHOS DE AREA

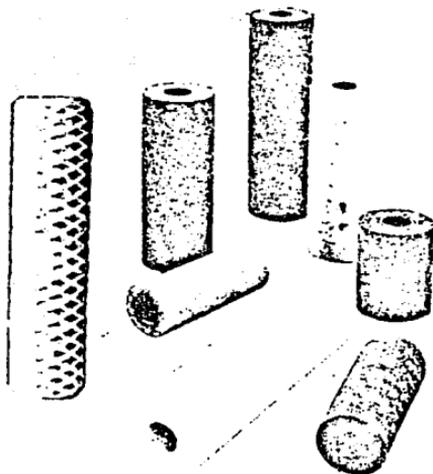


FIGURA No. 6 CARTUCHOS DE PROFUNDIDAD

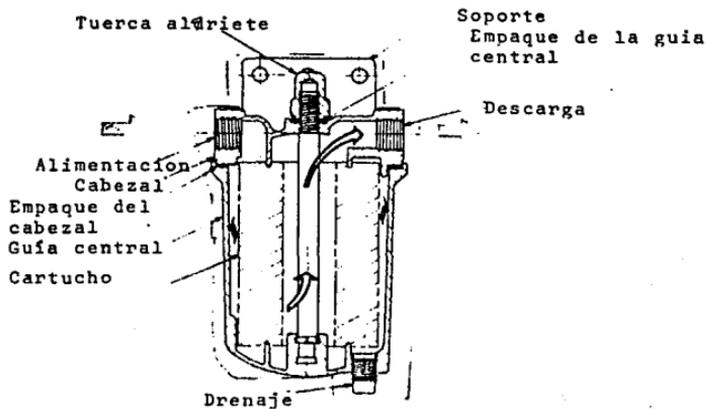


FIG 7

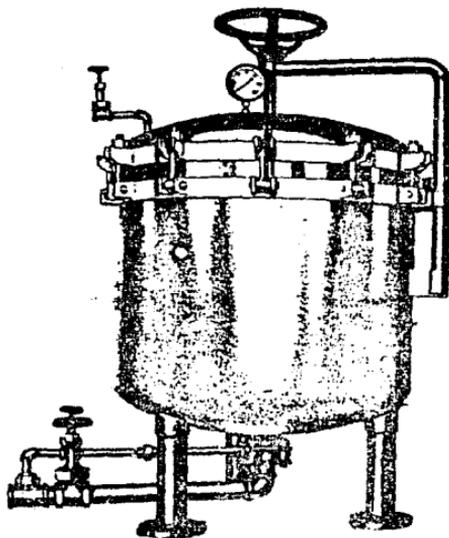
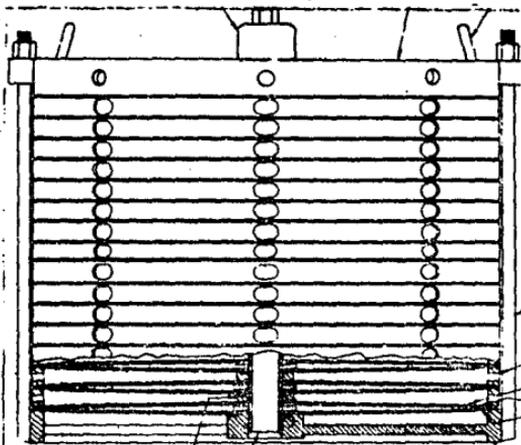
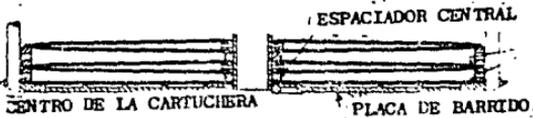


FIG 8



ESPACIADOR CENTRAL

CARTUCHERA SIN PLACA DE BARRIDO

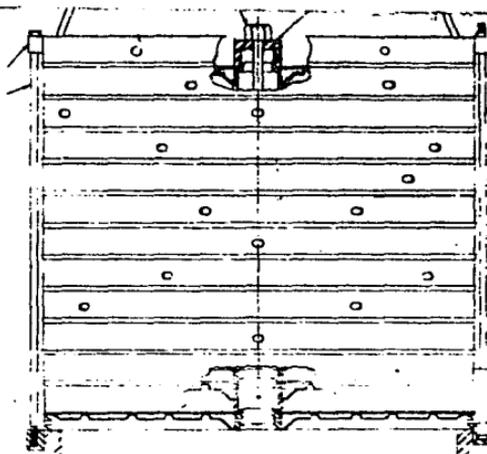


CARTUCHERA CON PLACA DE BARRIDO
DE VR 12, VR 17



CARTUCHERA CON PLACA DE BARRIDO DE
VR 32

FIG 9



CARTUCHERA SIN PLACA DE BARRIDO

MEDIO
FILTRANTE



PLACA DE BARRIDO ROSCA MALLA PLACA FILTRANTE

CARTUCHERA CON PLACA DE BARRIDO
DE 8", 14", 18"

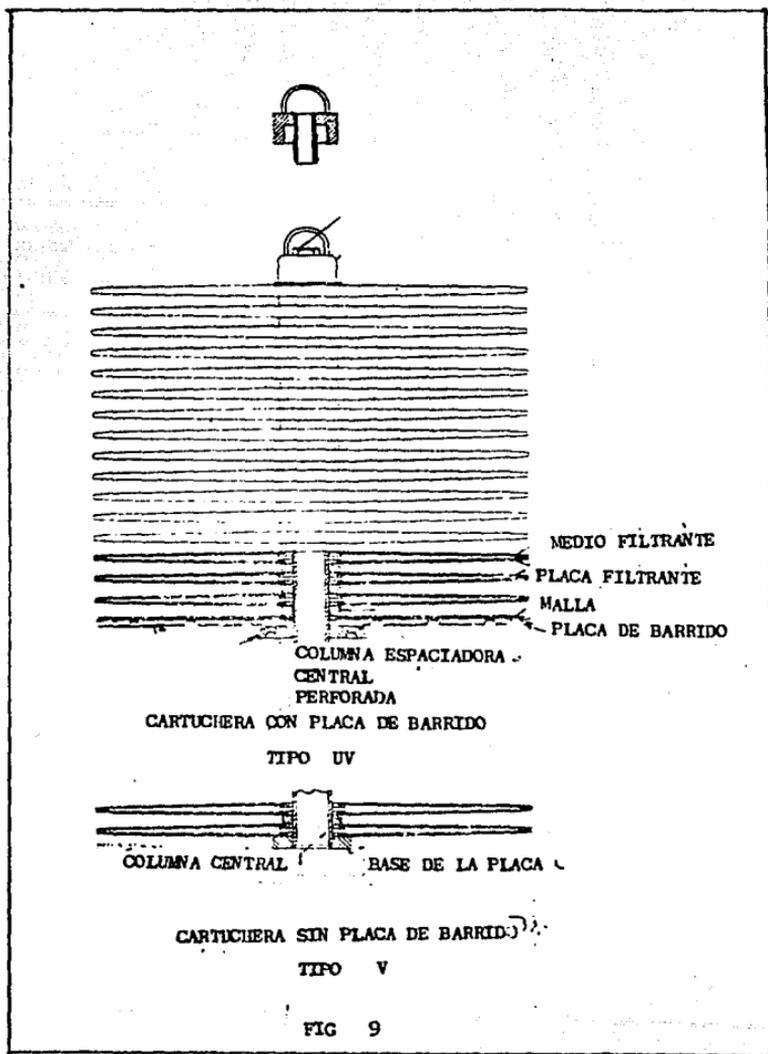


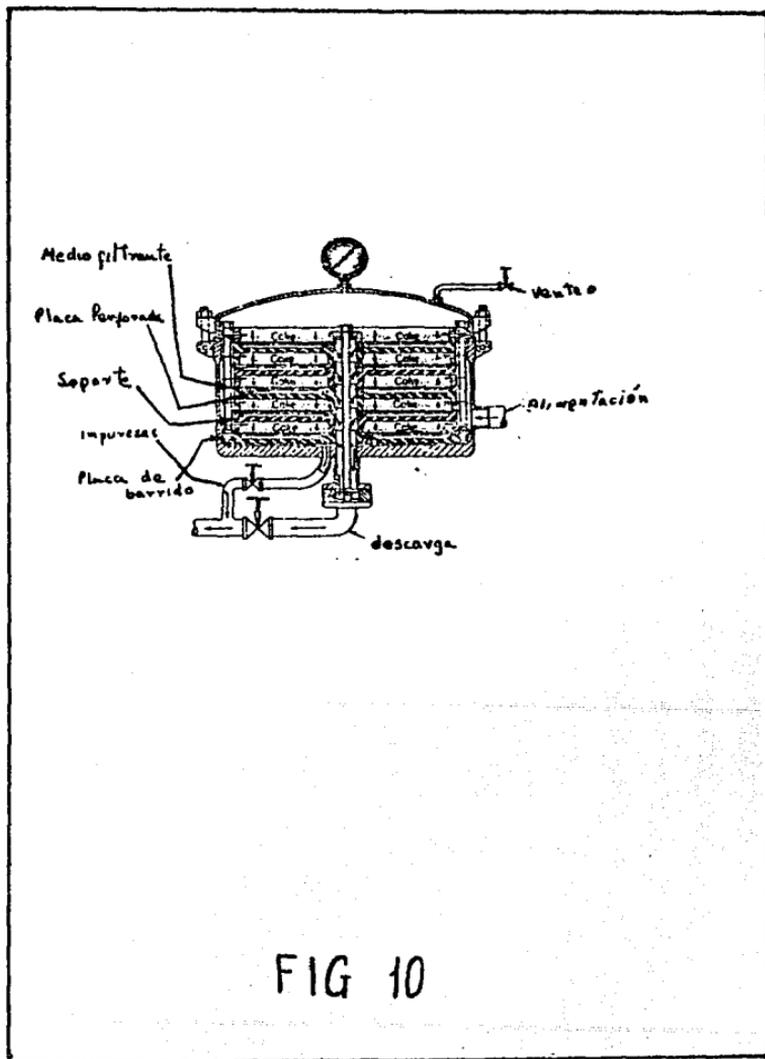
PLACA DE BARRIDO MALLA PLACA FILTRANTE

CARTUCHERA CON PLACA DE BARRIDO

DE 33" y 46"

FIG 9





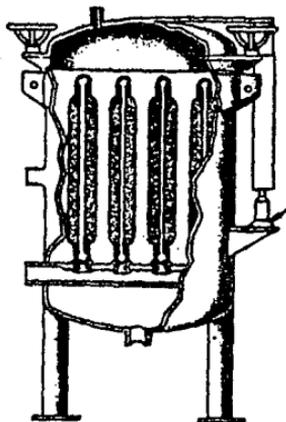


FIG 11

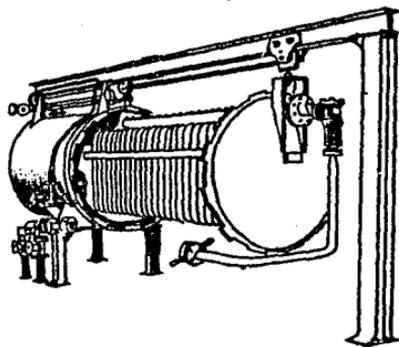


FIG 12

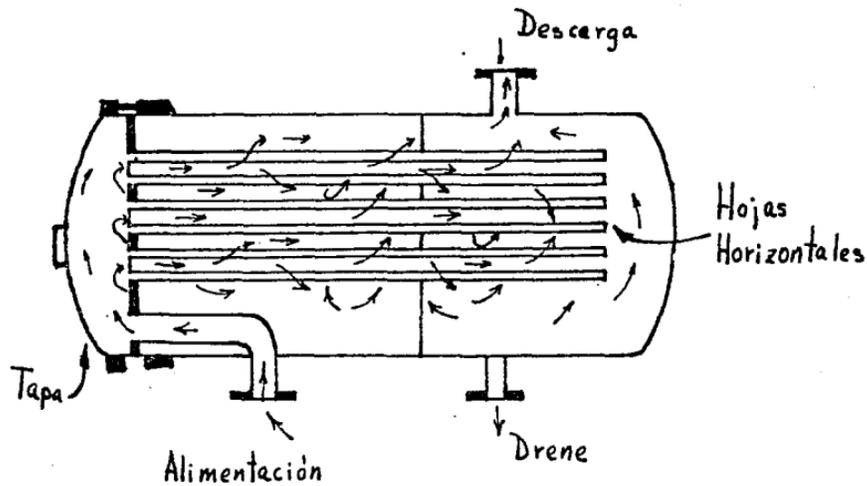


FIG 13

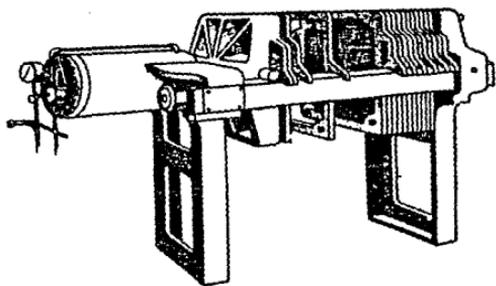


FIG 14

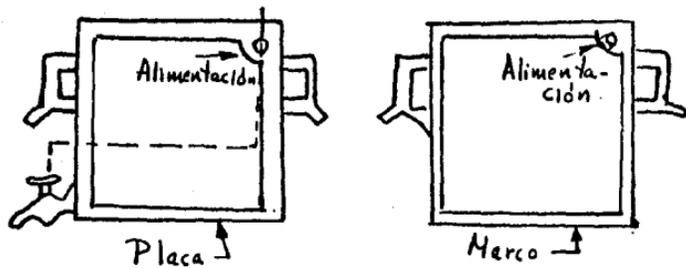
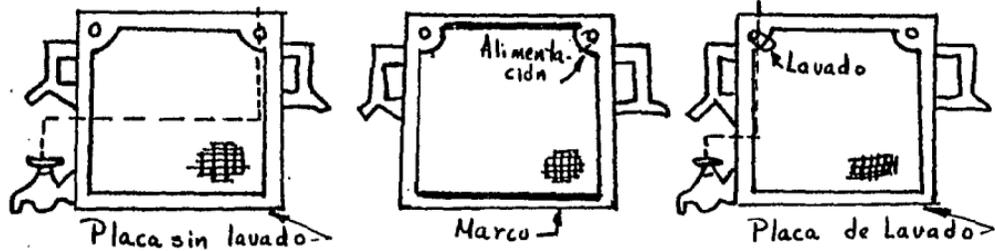
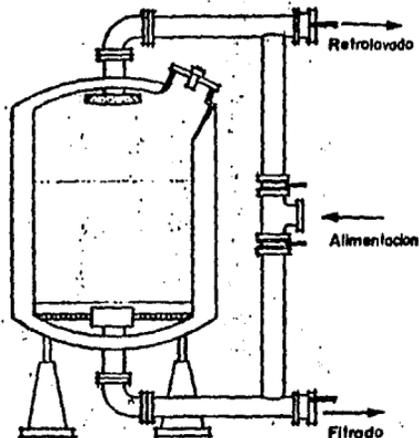


FIG 15

FILTROS DE GRAVA Y ARENA



ESPECIFICACIONES

Presion de diseo 60 P.S.I.

Construccion en placa de acero al

carbon, protegido contra la oxidacion.

Das entradas de hombre.

Totalmente equipado con tuberia y

volutas.

F/6 16

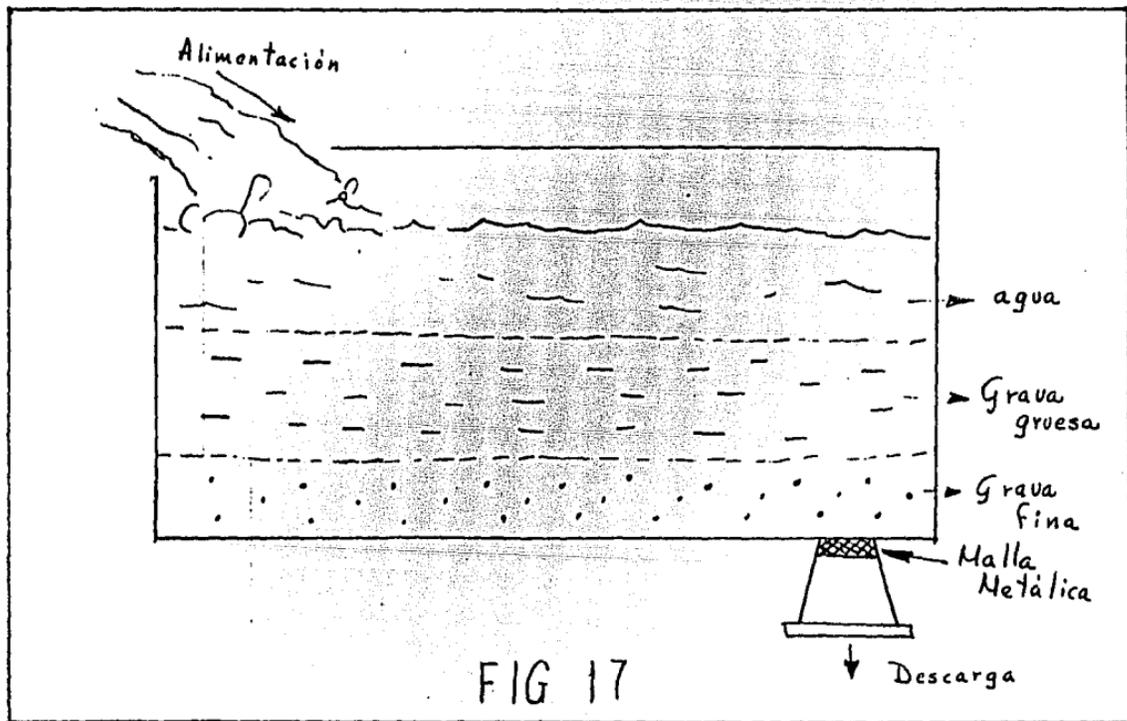


FIG 17

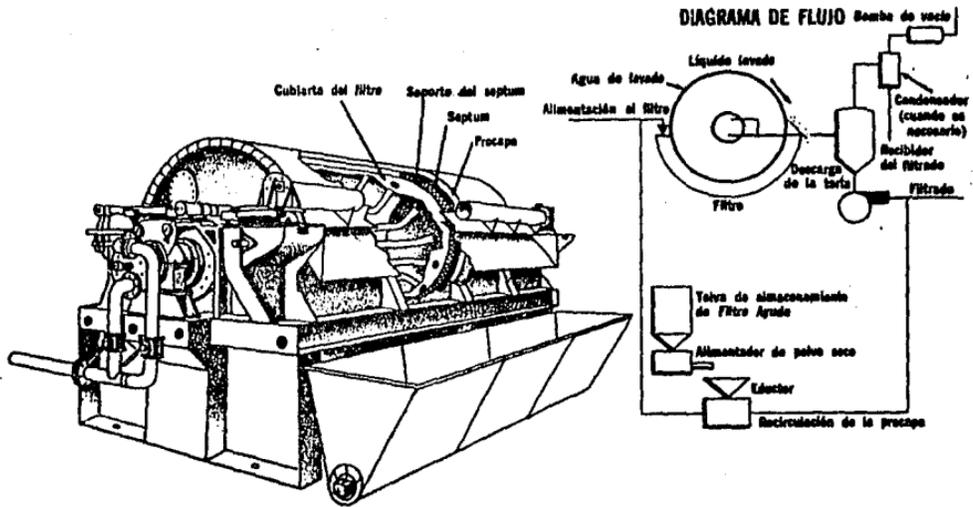


FIG 18

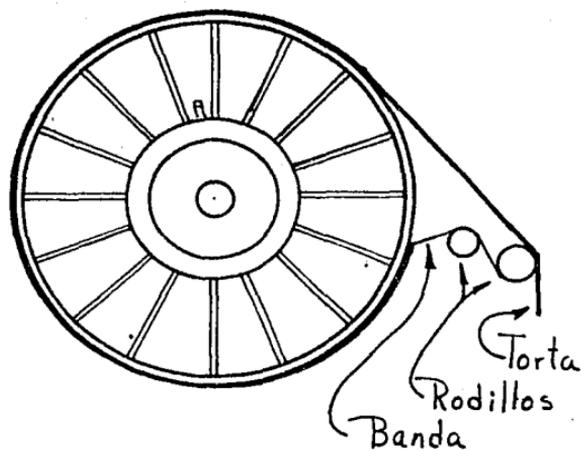


FIG 19

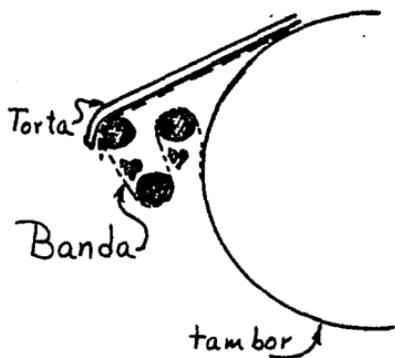


FIG 20

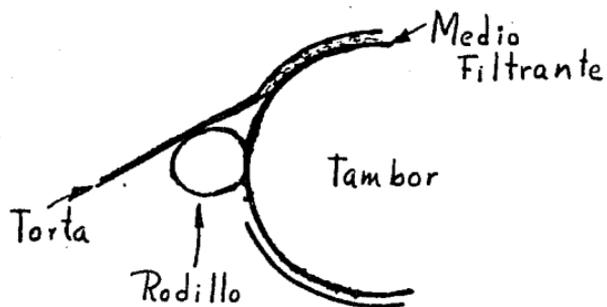


FIG 21

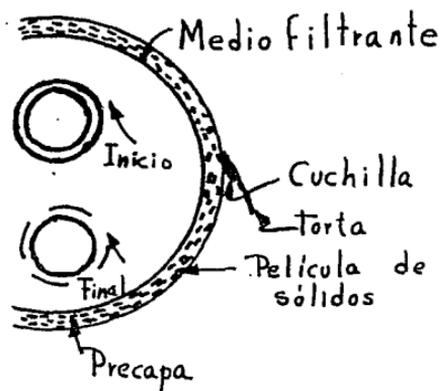


FIG 22

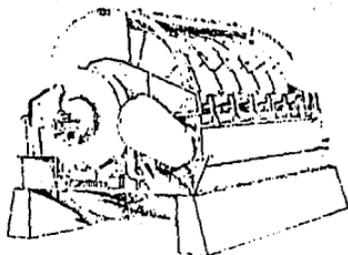


FIG 23

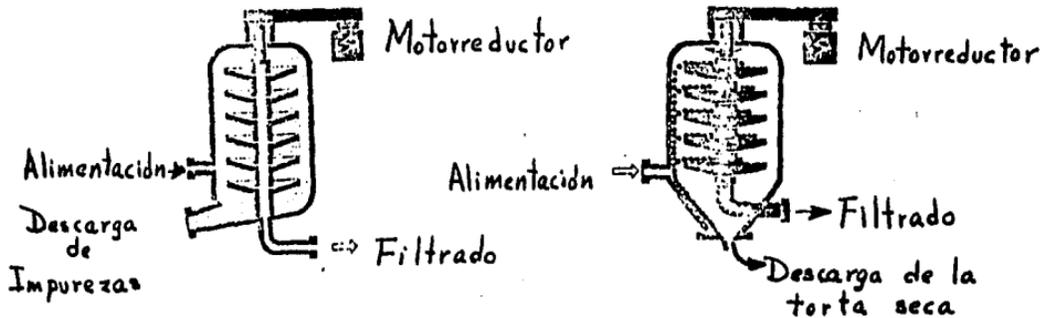


FIG. 24

B I B L I O G R A F I A

Unit Operation of Chemical Engineering
Mc. Cabe and Smith
Mc. Graw Hill, Editors New York
2a. edición, 1967

Chemical Engineering Hand Book
Perry, Robert H. and Chilton
Mc. Graw Hill, editors. New York
5a. edición, 1973

Hand Book of Filtration
Eaton Dickman
Eaton Dickman, Co., Pennsylvania
2a. edición 1966

General Bulletin
AMF Cuno División
31 de julio 1964,
400 research PKY Meriden, Con.

Chemical Engineering
'Líquido-solid Separation'
Mac Graw Hill, editors, New York
Reprint # 272

Filterite Informative bulletin
Filterite Cooperation, Timonium, Maryland
Copyright 1971, 6M 11/71