



26j 7

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**Problemas de Operación que se Presentan en  
la Planta de Filtros de la Unidad "la Caridad"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO METALURGICO  
P R E S E N T A N  
PAULINO ESTRADA DIAZ  
ANA MARIA PANIAGUA MERCADO**

**MEXICO, D. F.**

**1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

	Página
Introducción	1
Generalidades	3
Capítulo I	
Mecanismos Básicos de la Filtración	
Ia. Formación de la Torta	8
Ib. Descarga de la Torta	21
Ic. Oclusión de los Poros de la Tela	22
Capítulo II	
Descripción General de la Planta de Filtros	
IIa. Localización	24
IIb. Descripción del Proceso de Concentración	26
IIc. Datos Teóricos de un Cálculo para el Area de Filtrado en la Obtención de 1800 Toneladas de Concentrado de cobre con una Humedad del 8%	37
Capítulo III	
La Segregación como Problema Principal en la Planta de Filtros	
IIIa. La Segregación	42
IIIb. Problemas de Operación como Consecuencia de la Segregación	42

	Página
IIIb.1 Torque Alto	43
IIIb.2 Bajo Porcentaje de Sólidos	46
IIIb.3 Problemas en la Operación del Equipo	47
Capítulo IV	
Solución Práctica al Problema de la Segregación	
IVa. Procedimiento a seguir en una segregación	50
IVb. Solución Práctica al Problema	51
Capítulo V	
Conclusiones	55
Bibliografía	56

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

El objetivo principal de este trabajo es mostrar la importancia que representa la operación de filtración y los problemas que se presentan en esta sección, dada la magnitud de una planta de beneficio de minerales como lo es la Unidad Minero-Metalúrgica -- "La Caridad", que es la sexta planta más grande del mundo en lo que se refiere al beneficio de minerales de cobre; en donde se manejan en promedio 60,000 ton secas/día de mineral. Así como también se describe la solución práctica dada al problema.

En primer término se da un enfoque teórico, explicando los mecanismos básicos de la filtración para sólidos en suspensión -- con agua; que es como se encuentra la pulpa obtenida por flotación, esto se hace con el fin de dar una mejor idea de lo que representa la operación de filtrado para este tipo de sistema.

En segundo término se dan a conocer toda la serie de problemas prácticos de operación dentro del área de filtrado que resultan de una separación y acumulación de carga dentro del espesador de concentrado de cobre a lo cual se le conoce con el nombre de Segregación; el cual se considera como el problema más crítico -- por las consecuencias tan grandes que puede ocasionar sino se controla ó prevé al inicio de este, para solucionar este problema ó al menos eliminarlo lo máximo posible se introdujo una modificación en la tubería de descarga del espesador de concentrado de cobre de la cual también se hace una descripción.

En tercer término se hace mención de los datos teóricos necesarios para el cálculo del área de filtrado necesaria para obte--

ner 1800 ton de concentrado de cobre con 8% de humedad, esto se -  
hece con el fin de dar una idea de la cantidad de mineral, y por-  
lo tanto de concentrado de cobre, que se beneficia en esta unidad  
y de ahí la gran importancia que tiene esta sección de la planta-  
de concentración.

## GENERALIDADES

El espesamiento es la operación anterior al filtrado y se -- lleva a cabo en un espesador cilíndrico de concreto, con un mecanismo de arrastre lento que sirve para rastrillar los sólidos asentados a los puntos de descarga.

La pulpa entra al espesador en forma continua por una tubería pasando a un pozo de alimentación sumergido, situado en el -- centro del espesador.

La separación inicial se logra en la zona de clarificación -- que esta abajo del pozo de alimentación. Los sólidos ahí se asientan en condiciones de caída libre y el agua se desplaza hacia --- arriba ó se mueve radialmente hacia afuera pasando por una zona de agua clara, figura (1) y dirigiéndose a un canal que recibe el derrame situado alrededor del borde del tanque.

### Zonas del Espesador

- a) Nivel de agua
- b) Zona de agua clara
- c) Zona clarificada
- d) Zona de espesamiento ó compresión
- e) Zona de acción de los rastrillos

A continuación se muestra en la figura (1) la distribución de las zonas de espesamiento.

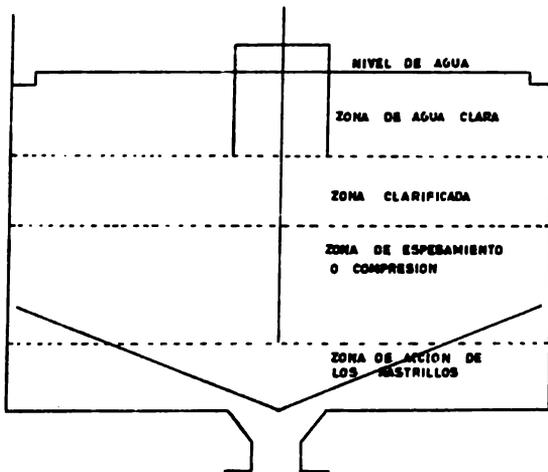


FIG. 1

**E s p e s a d o r**

La pulpa rápidamente aumenta en densidad cuando las partículas se mueven hacia abajo a la zona de compresión en donde el peso de los sólidos que bajan; compactan la masa inferior ó zona de rastrilleo. En esta zona el mecanismo de los rastrillos mueve gradualmente los sólidos asentados hacia el cono central de descarga

El filtrado es esencial como paso final porque un espesador no da un producto lo suficientemente seco para su almacenamiento.

CAPITULO I  
MECANISMOS BASICOS DE  
LA FILTRACION

## 1.- La Filtración.

La filtración es la separación de sólidos de un líquido através de un medio poroso. Lo cual da como resultado la formación de una torta de partículas sólidas sobre la superficie del cuerpo poroso que constituye el medio filtrante. Una vez que se ha formado esta capa, su superficie actúa como medio filtrante, depositándose los sólidos que van aumentando el espesor de la torta mientras el líquido claro pasa através de ella.

En estos procesos , a la filtración precede un espesamiento o concentración de pulpa, lo que permite obtener una elevada capacidad del filtro y separar una porción inicial de solución clara.

Las operaciones de filtración muchas veces son la fase más problemática de la preparación de minerales.

Para un mejor entendimiento de las funciones desempeñadas por los medio de filtración, se explicará primeramente los tres mecanismos fundamentales de la filtración que son:

Ia. La Formación de la Torta

Ib. La Descarga de la Torta

Ic. La Oclusión de los Poros de la Tela

Los cuales se describen a continuación:

### Ia. La Formación de la Torta.

La filtración es la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de una pantalla finamente perforada los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante en forma de torta.

Existen varios tipos de filtros: por gravedad, a presión, intermitentes a vacío y continuos a vacío.

Los filtros continuos a vacío suelen ser los que se emplean para las pulpas húmedas en la preparación de minerales. Las formas más utilizadas son:

- a) El filtro rotativo de tambor (Oliver)
- b) El filtro rotativo de discos ó americano
- c) El filtro prensa de placas y cuadros

Los elementos de los dos primeros filtros son principalmente estructuras filtrantes circulares, F (fig.2A) que se montan para girar en soportes axiales dispuestos en una artesa, T, que contiene la pulpa de alimentación, una válvula, V, que controla la aplicación de vacío y presión debajo de la tela del filtro y un dispositivo de agitación para mantener la pulpa en T en suspensión uniforme. En el tipo de tambor la tela del filtro se coloca sobre la superficie de un cilindro cuya sección transversal es F, mientras que en el de discos cubre las dos caras circulares del disco. La tela se envuelve alrededor de la cara del tambor y se sujeta por una espiral de alambre. Los sectores de los discos (fig.2B) están recubiertos por bolsas de tela muy ajustadas que se cierran en el vástago S.

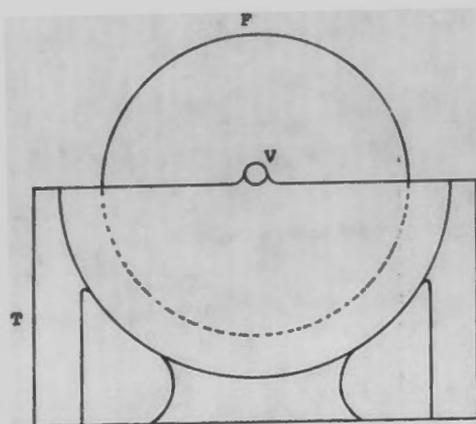


Fig. 2A

Filtro Rotativo de Tambor

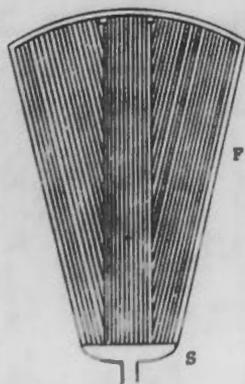


FIG 2B

Filtro Rotativo de Discos

El tercer filtro ó filtro prensa se compone de placas verticales y cuadros con orejas laterales para que puedan montarse sobre dos barrashorizontales y afianzarse juntas. Cada placa y cuadro se ajustan para que su junta sea hermática cuando se les afianza juntos con una tela interpuesta entre ellos alternando placas y cuadros y formando una serie de celdas filtrantes; en la parte inferior de cada placa hay una salida para el filtrado.

Las telas del filtro están constituidas por distintos tejidos y tramas, cuyos hilos están formados por un cierto número de fibras. Estas fibras pueden ser:

- Fibras de origen animal.- entre estas tenemos la lana, el pelo, seda, etc. las cuales se usan en la filtración de soluciones ácidas diluídas y líquidos viscosos.
- Fibras de origen vegetal.- de este tipo tenemos las de algodón, cáñamo, lino, etc. constituyen el tipo más común del medio filtrante por su bajo costo inicial y por la gran variedad de tejidos con que se vende, las cuales se pueden usar para ácidos orgánicos volátiles pero no para ácidos minerales ya que son atacadas por estos.
- Fibras de origen sintético.- como pueden ser vidrio, rayón, nylon, orlón, etc. se emplean como sustitutos de las de origen animal por su resistencia a los álcalis y a los ácidos débiles.
- Fibras de origen metálico.- hay telas metálicas de acero, Mo, Ni, Cu, Al, latón, bronce, monel, etc. proporcionan un buen medio para filtrar cristales y pulpas finas además de que tienen una larga duración y se pueden usar en una instalación más ó menos --

permanente, sin embargo tienden fácilmente a cegarse cuando se filtran partículas blandas amórfas.

El medio filtrante retiene los sólidos y un mínimo de agua ó lo que es lo mismo permite el paso del agua con un mínimo de sólidos.

Uno tiene que dedicarse a un solo producto ya sea sólidos ó solución. Esto crea la necesidad de depender de una variedad de factores físicos:

- Las aberturas del medio
- La estructura del medio
- El contenido de sólidos de la pulpa
- Las fuerzas de separación
- Los inesperados efectos secundarios del proceso de separación

El medio proporciona el cambio de dirección que hace que el flujo de agua deposite sus partículas, y una abertura lo suficientemente ancha para permitir que los sólidos penetren a la tela.

El medio también proporciona las aberturas necesarias para permitir el flujo libre del líquido y la barrera que recolecta los sólidos.

Al considerar ésta combinación, se puede afirmar que el medio siempre se compone de una tela filtrante y de partículas sólidas y esto causa, la resistencia en los medio de filtración.

Los cambios continuos que ésta situación representa son la característica más importante de ésta combinación. Al repetir los ciclos de filtración, más y más sólidos quedarán introduci--

dos gradualmente. El secreto de la buena filtración es reducir este incremento al mínimo y la forma de lograrlo es seleccionar una tela que en combinación con la pulpa, dará los valores más bajos de resistencia.

La filtración también queda afectada por el contenido de sólidos de la pulpa; a un alto porcentaje de sólidos, las partículas están suficientemente apretadas para facilitar la floculación natural.

La cantidad de sólidos que han penetrado las aberturas del medio las reducirá a un mínimo.

El mecanismo básico para la formación de la torta es la creación de un arco sobre las aberturas de un medio de filtración:

Raras veces los poros son lo bastante pequeños para retener todas las partículas sólidas y siempre que se inicia la filtración, una gran cantidad de partículas muy finas penetra en los poros del filtro y otra parte lo atraviesa en suspensión en el fluido. El residuo más grueso se sedimenta encima de la abertura de los poros. Por regla general, los espacios entre partículas de esta primera capa de sólidos son más pequeños que los de la superficie filtrante, fig. (2C), por esta razón la siguiente capa está formada por partículas más finas, y así sucesivamente hasta que la distribución por tamaño es fundamentalmente la de alimentación, y solo las partículas más finas llegan a atravesar el filtro.

El número de partículas requerido para formar un arco está-

en función de la proporción del tamaño promedio de las partículas que son del espesor necesario.

Idealmente los arcos duran solo un ciclo de filtración; al descargar la torta deben desaparecer para que nuevos arcos se formen al iniciar el siguiente ciclo.

Los arcos formados están en función principalmente de las siguientes variables que son:

- El porcentaje de sólidos
- El tamaño promedio de las partículas

Estas mismas variables son las que permiten la formación del arco durante un ciclo entero de filtración, los arcos disueltos son el principio de la oclusión permanente.

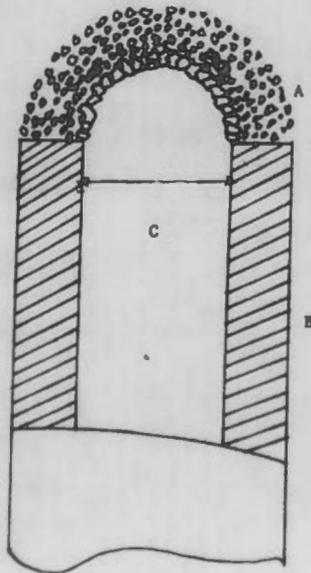
Se puede asumir que los filtros continuos operan con vacío al considerar la fuerza de separación. Los filtros de vacío representan la mayoría de los filtros empleados en la minería. Como parte del mecanismo que forma la torta está directamente relacionado al vacío, la naturaleza de esta fuerza propulsora será explicada a continuación.

La fuente de energía de separación en el medio de filtración es la energía cinética del líquido en movimiento. La cantidad de energía está relacionada a la caída de presión que ocurre inicialmente através del medio de filtración, y subsecuentemente por la combinación de este medio y la torta al ser depositada.

El papel desempeñado por la presión de vacío en la filtración debe combinarse con la presencia de partículas del tamaño de la lona. Aquí es cuando la capa inicial del depósito de la --

torta toma gran importancia.

Las operaciones prácticas de filtración indican que al acercarse partículas con una alta energía cinética al medio de filtración, causan una mayor oclusión y resistencia inicial que las partículas depositadas con un mínimo de fuerza. La presencia de ianas solo incrementa el mal efecto al ligar las partículas ataradas firmemente a la tela.



A. Partículas de Mineral

B. Medio Filtrante

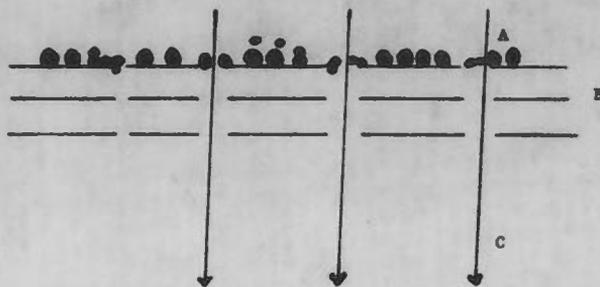
C. Tamaño de abertura del arco

Fig. 2C. FORMACION DE UN ARCO

Los tres parámetros para separar líquidos y sólidos son los siguientes:

- La Atracción Molecular
- La Acción de la Criba
- La Filtración de la Torta

- La Atracción Molecular -



A Partículas de Mineral

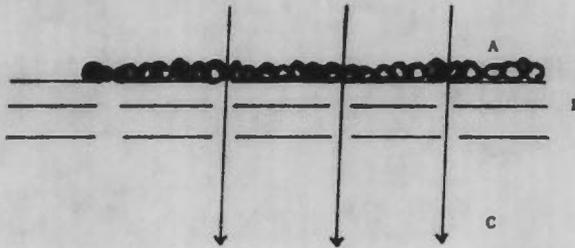
C Dirección del Flujo

B Medio Filtrante

Fig. 3.- La Atracción Molecular

Las partículas que son más pequeñas que las aberturas del medio de filtración son retenidas por el contacto con y la atracción electrostática de las fibras en las aberturas. Este adherimiento es tan tenaz que las partículas no se moverán, a no ser que se rompa la ligación molecular de golpe; un golpe fuerte ó un agente. Al irse añadiendo las partículas a las aberturas del medio, el tamaño efectivo de la abertura va disminuyendo. Así es como el medio retiene partículas más pequeñas que el tamaño de sus aberturas.

- La Acción de la Criba -



A Partículas de Mineral

B Medio Filtrante

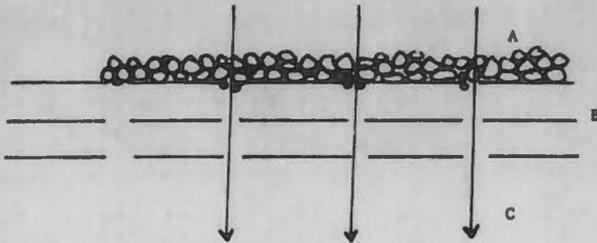
C Dirección del Flujo

Fig. 4.- La Acción de la Criba

Las partículas que son más grandes que las aberturas del medio de filtración forman arcos sobre estas aberturas y una torta de sólidos se forma sobre el medio.

La acción de criba depende de que las partículas no se rompan con las fuerzas de deslizamiento causadas por fluctuaciones muy rápidas ó golpes. La acción de criba forma la proporción mayor de la torta.

- La Filtración de la Torta -



A Partículas de Mineral

B Medio Filtrante

C Dirección del Flujo

Fig. 5.- La Filtración de la Torta

La filtración de la torta es una acción causada por las partículas que han sido previamente retenidas en el medio de filtración. Esta acción es distinta a la atracción molecular y a la acción de la criba, pero depende de la estructura de arcos del medio de filtración. La mayoría de los ciclos de filtración operan a base de esta acción. El tamaño de la torta con esta acción depende de dos factores:

- . La resistencia de la torta
- .. El medio acondicionado de filtración

La filtración consiste en la combinación de la atracción molecular y la acción de la criba, que cruza la torta y el medio completamente.

El mecanismo clásico de la formación de la torta se basa en estos tres tipos.

En la filtración, las fuerzas producidas por la caída de presión, debida al vacío con que trabajan los filtros, tienen un importante efecto secundario sobre la fase líquida, agua, de la pulpa el cual consiste en la aparición de burbujas sobre la superficie del mineral si se pone el sistema bajo vacío debido a que la presión en la que habían sido estables ha cambiado. Estos sistemas tratan de nivelarse a las nuevas condiciones soltando gases - en forma de burbujas sobre las lonas, las burbujas desaparecerán al reducirse el vacío gradualmente, restaurándose así la presión original.

A este fenómeno se le da el nombre del Efecto de la Filtración, que es el desarrollo de burbujas en el ciclo de la formación de la torta.

La primera regla para la buena filtración es evitar la retención mecánica de aire en la pulpa; la segunda es evitar el uso de vacío excesivo.

Al operar con un vacío reducido, las condiciones están muy favorables para la formación de arcos (que no quedarán destruidos por la presión excesiva), y la permeabilidad en la capa inicial de la torta queda incrementada.

La presencia de burbujas en la formación de la torta es una parte integral del mecanismo en todos los casos.

Los concentrados de flotación tienen superficies hidrofóbicas, por ésta razón la evolución de burbujas y la fuerza de su --

adhesión a las superficies del mineral es sumamente alta. Las -- partículas de lama también ayudan a crear burbujas más fuertes. Burbujas que pueden quedar atrapadas casi permanentemente en el área restringida de la torta de filtrado.

Las aberturas del medio pueden quedar cerradas más eficientemente con burbujas que con partículas de formas distintas e irregulares.

#### Ib. La Descarga de la Torta

La torta tiene que ser descargada periódicamente al filtrar con un vacío continuo. El éxito de la filtración depende del sistema correcto de descarga de la torta. Una lona usada puede restaurarse a una condición casi nueva al descargar la torta correctamente.

El mecanismo de descarga afecta directamente la capacidad de una lona, que significa indirectamente la duración de la tela

La descarga de filtros de vacío ocurre al invertir la caída de presión positiva debajo de la tela de filtración, alejándola de la superficie que soporta.

Al inflar la tela de filtración la torta tesa se separa, y se puede observar entonces la importancia de la descarga.

Las partículas de la torta están unidas por una fuerza adhesiva, esta fuerza es más fuerte entre las partículas de la torta que entre el medio de filtrado y la torta.

Mientras se mantiene esta condición, la torta al caerse se llevará esas partes que han penetrado las aberturas de la lona.- Ya que se hayan quitado los sólidos, el aire puede pasar por las aberturas de la tela y sacar a las partículas que no se llevó la torta.

En las operaciones eficientes, el flujo de aire es suficiente para descargar la torta y los cuchillos no se emplean. El contacto entre el cuchillo y la tela de filtración acelera la oclusión de la tela al encajar las partículas en las aberturas.

#### Ic. Oclusión de los Poros de la Tela

La oclusión es la reciprocidad de la descarga de la torta.-  
La oclusión es un proceso progresivo que finalmente excede el efecto limpiador de las descargas de la torta.

Las causas de la oclusión son:

- La acumulación de sólidos en la fibra de la tela
- La excesiva presión inicial (vacío) de formación
- La incrustación gradual ó precipitación química de sulfatos, - carbonatos, etc.
- La pérdida de fuerza adhesiva debido a la humedad excesiva de la torta.
- El encajamiento mecánico de partículas irregulares en las aberturas, y que la descarga convencional no puede aliviar
- La presión excesiva aplicada en la torta, que destruye las partículas flocculadas y aplasta las pequeñas partículas encajadas en las aberturas
- La presencia de lamas que cubren la superficie de la fibra con capa pegajosa que une los sólidos a la tela de filtración y no a la torta. Se tiene que hacer un estudio cuidadoso antes de seleccionar una tela de filtración, para que las características de la pulpa como es la cantidad de torta filtrada, el poder de abrasión de la torta, la cantidad de ultrafinos, etc.-- queden satisfechas.

**C A P I T U L O    I I**

**D E S C R I P C I O N   G E N E R A L   D E**

**L A   P L A N T A   D E   F I L T R O S**

## IIa. LOCALIZACION

La Caridad está situada en el estado de Sonora, en el noroeste de la República Mexicana, a una elevación de 1220 m sobre el nivel del mar y a 20 Km aproximadamente se encuentra Nacozari de García, que desde siempre ha sido un pueblo minero, Municipio del Distrito Judicial de Moctezuma y que limita al norte con --- Fronteras y Agua Prieta; al este con Bavispe y Bacerac; al sur con Villa Hidalgo y Cumpas; y al oeste con Bacoachi, fig. (6). Su territorio es montañoso.

El clima es bastante extremo, muy frío en invierno y también muy caluroso en verano.

Las vías de comunicación que se pueden mencionar son:

**Aérea (Vía Hermosillo)**

**Carretera**

**Ferrocarril**

**Teléfono**

**Telégrafo**

La ciudad más importante cercana es Hermosillo, Capital del Estado de Sonora, situada aproximadamente a 264 Km al sureste de la Caridad la cual cuenta con Aeropuerto Internacional, Taxis Aéreos, Línea de Autobuses Foráneos y Líneas Ferroviarias.



**Iib. Descripción del Proceso de Concentración**

Los minerales que se benefician en esta unidad minero - meta lúrgica se extraen del yacimiento de la caridad, el cual se explo ta por el sistema de tajo abierto, los principales minerales que se extraen son: calcopirita, calcosita, malaquita, azurita, tur-- quesa, pirita y trazas de otros minerales.

**- Características Generales del Mineral**

**Cabeza de Alimentación**

**Análisis Químico**

%Cu	1.105
%Mo	0.004
%CuO	0.04
%Fe	3.96
%Ins.	85.95

**Análisis Granulométrico**

Malla N°	% Peso	% Acumulado
+ 35	56.054	56.054
+ 48	6.520	62.574
+ 65	4.735	67.309
+100	3.952	71.261
+150	4.073	75.334
+200	2.508	77.842
-200	22.158	100.000

La altura de los bancos alcanza los 15 m, como resultado de-desalojar mecánicamente el material aflojado con cargas explosi--vas.

El desalojo de la ganga que cubría el cuerpo del mineral se-inició a fines de 1974. Cinco años más tarde se habían removido -78 millones de toneladas; dejando preparadas para su explotación-20 millones de toneladas de mineral con una ley de 0.77% de Cu -cabe recalcar que la relación entre la ganga y lo que hay que re-mover es baja, por lo que los costos de operación son más bajos -que en yacimientos similares; aparte del hecho de que la mina se-localiza a considerable altura cosa que permite que los movimien-tos de carga se realicen cuesta abajo, ahorrando energía.

En la planta concentradora se trituran y muelen en etapas sucesivas cerca de 60,000 ton secas/día de mineral, aunque la capa-cidad de la planta es para 72,000 ton de mineral, proveniente de-la mina hasta alcanzar partículas de tamaño lo suficientemente fino (malla +65 ± 3%, malla -200, 60%) para liberar los minerales-de cobre de la ganga. El mineral molido es concentrado en forma -de pulpa en celdas de flotación accionadas mecánicamente y con aire de baja presión, aquí se separa el mineral de cobre de la gan-ga.

Se producen concentrados de flotación con una ley que va del 32% al 35% de Cu/ton y una producción normal de operación de 1200 ton/día en promedio de concentrado de cobre; pero se pretende ob-tener, con un procesamiento de 72,000 ton/día de mineral seco, --1800 ton/día de concentrado de cobre los cuales son sometidos a -

un procesamiento final para poder ser almacenados. Las colas finales de la flotación se almacenan en cuatro presas de jales, figura (8).

Las Etapas Principales del Proceso de Concentración son:

- Trituración primaria y transportación principal con almacenamiento de mineral grueso
- Transporte de mineral grueso para su cribado primario y trituración secundaria y terciaria
- Cribado fino, transporte y almacenamiento de mineral fino
- Molienda primaria y clasificación
- Flotación primaria, remolienda y flotación de limpieza
- Espesamiento de concentrado de cobre, filtrado y almacenamiento
- Espesamiento de colas finales y almacenamiento de las mismas en la presa de jales
- Mezcla de reactivos y distribución
- Sistemas de agua

Después de procesar el mineral en todas las etapas anteriores, lo que se obtiene es un concentrado de cobre con las siguientes características:

**Análisis Químico**

‡ Cu	35.00
‡ Mo	0.206
‡ CuO	0.581
‡ Fe	21.900
‡ Ins.	8.500

**Análisis Granulométrico**

<b>Malla N°</b>	<b>% Peso</b>	<b>% Acumulado</b>
+ 100	1.7	1.7
+ 150	7.0	8.7
+ 200	13.5	22.2
+ 325	39.8	62.0
- 325	38.0	100.00



Vista General de la Planta



Fig. 8

### Descripción de la Sección de Filtros

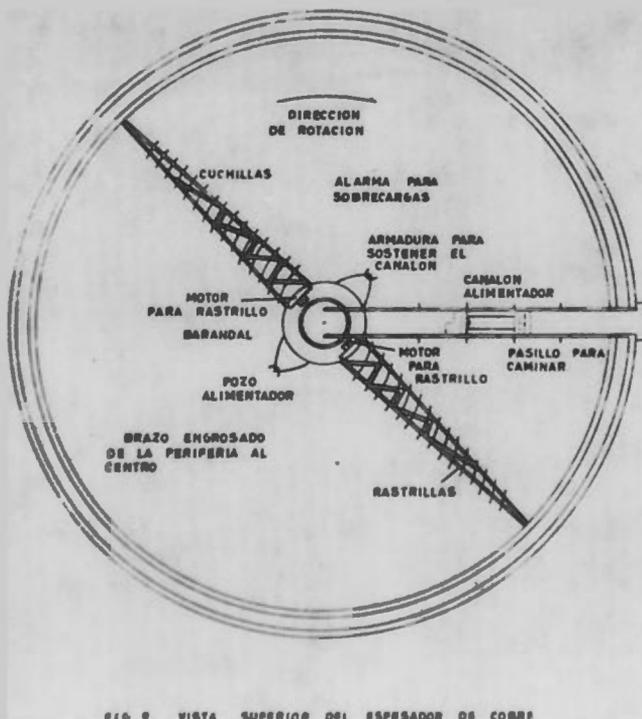
Una vez que el mineral de cobre se ha concentrado por flotación, se procederá a quitarle gran parte del agua contenida en el producto de la flotación final, la cual podrá contener de un 80 - a un 85% de agua y en algunas ocasiones un poco más, la pulpa de be ser sometida a una decantación antes de pasar a la planta de - filtrado.

El mayor volumen del agua se remueve en un espesador, el --- cual consiste en un casco de concreto abierto por la parte supe-- rior y con fondo cónico, en el espesamiento no se usa ningún agente flocculante.

Tiene un diámetro de 42 m y 3.04 m de profundidad lateral.-- El mecanismo central esta montado sobre la columna central, figu-- ra (9).

El concentrado de cobre se recibe de la planta de concentra-- ción, se espesa en él hasta un 60 ó 70% de sólidos y así de esta-- forma se descarga del espesador. El derrame del espesador se en-- vía al sistema de agua de recuperación para su nuevo uso, es de-- cir, se recircula a la planta.

El espesador tiene dos brazos ó rastrillos largos conectados al eje impulsor central. Una jaula central de acero cuelga del engrane colocado dentro del mecanismo central; dicha jaula central-- soporta un alimentador tipo anillo de dos vías. La parte superior del mecanismo central proporciona una plataforma en el centro, -- dando acceso conveniente al mecanismo impulsor por un pasillo que



une al mecanismo central con la pared perimetral del tanque; se tiene además un cono, en el anillo de descarga, de concreto de aproximadamente 1.5 m de diámetro, fig. (9).

La descarga inferior del espesador se efectúa a través de cuatro tubos de acero que se unen a dos tubos, también, colocados en un tunel con estructura de concreto localizado bajo el fondo de concreto del espesador.

Existen dos bombas horizontales con sello de agua que se encuentran conectadas a los dos tubos de descarga del espesador de cobre; una es de velocidad variable y la otra de velocidad fija. La bomba de velocidad variable es la que se utiliza constantemente; con el objeto de mantener una densidad constante de pulpa. La bomba de velocidad fija se utiliza cuando la bomba de velocidad variable sufre alguna avería ó tenga que darsele mantenimiento preventivo. En ocasiones al tenerse un alto porcentaje de sólidos en la descarga inferior del espesador se emplean las dos bombas.

Estas bombas conducirán la carga a dos cajones por medio de un repartidor de dos vías, fig. (7); en los cajones se encuentran dos bombas verticales marca Galligher, de las cuales solamente una se encuentra normalmente en operación. Independientemente de la bomba vertical que se encuentre en operación, éstas bombearán a un repartidor de dos vías colocado en la parte superior de la planta de filtros; cada una de las descargas del repartidor de dos vías desemboca en otro repartidor de seis vías cada uno, del cual partirán dos tuberías a cada filtro para alimentarlo, figura (7).

La filtración se lleva a cabo en seis filtros de tambor de 3.66 m de diámetro por 6.1 m de largo. Los filtros tienen dos bombas de vacío, sopladores de aire, recipientes de vacío, trampas de humedad y agitadores mecánicos. Se cuenta en la planta con seis bombas de vacío, de las cuales se utilizan dos bombas para cada tres filtros en operación, se cuenta también con dos sopladores utilizándose uno para los 6 filtros de en operación; y el otro de reserva, la fibra que se utiliza en estos filtros es polipropileno que es una fibra sintética.

La presión de soplado de operación es de  $0.0703 \text{ Kg/cm}^2$   
La presión de vacío por cada filtro en operación  $0.725 \text{ Kg/cm}^2$

El sistema de vacío consiste del receptor de filtrado, trampa de humedad y bomba de vacío para cada filtro.

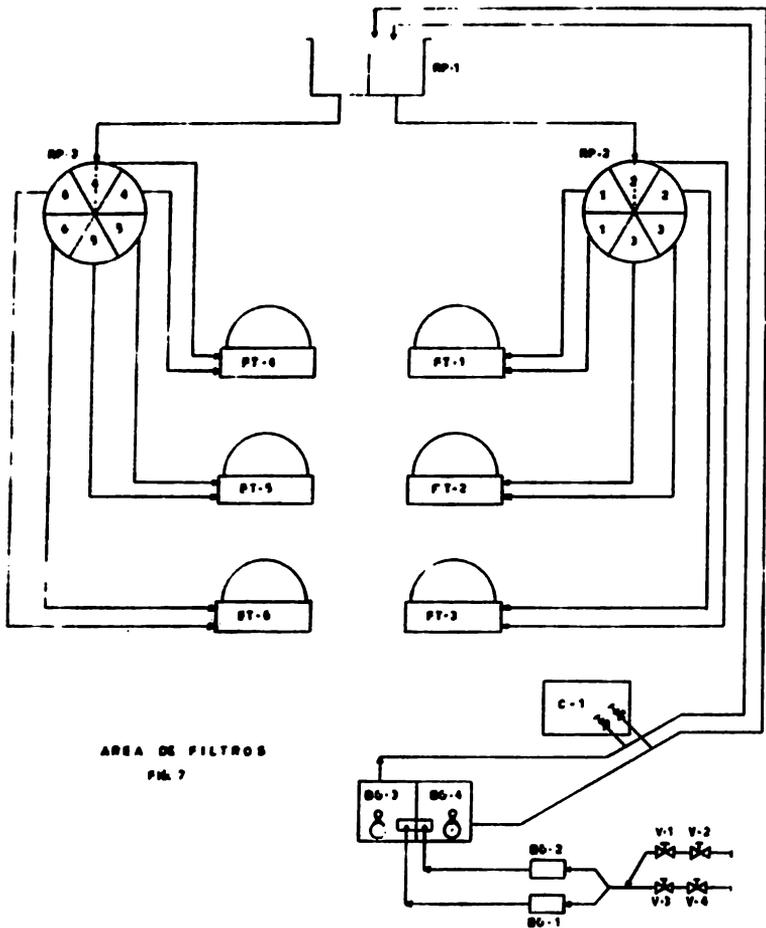
El agua de filtrado es bombeada nuevamente a la caja alimentadora del espesador de cobre por medio de cuatro bombas verticales con sello de agua.

Los tanques de los filtros estan hechos de placa de acero de 4.8 mm de espesor, cubiertos con pintura anticorrosiva. Los agitadores son de tipo oscilante. La torta de concentrado cuyo espesor varía de 1.27 cm a 2.54 cm se termina de desprender de las lonas de filtrado por medio de unos raspadores de punta de hule.

El concentrado de cobre despues del espesamiento y de la filtración estará parcialmente seco. Normalmente el contenido de humedad con que sale de los filtros es de 8 a 10%.

El cobertizo para almacenaje de concentrado seco, tiene una capacidad de aproximadamente 20,000 ton secas de concentrado de -

cobre y lo cubre una estructura de acero con techo y paredes de -  
lámina; este cobertizo se encuentra a un lado de la planta de fil  
tros.



AREA DE FILTROS  
 Pág. 2

- |     |                                    |      |                      |      |                      |
|-----|------------------------------------|------|----------------------|------|----------------------|
| V 1 | VALVULA DE AGUA                    | PT-1 | FILTRO DE TAMBOR # 1 | BG-1 | BOMBA HORIZONTAL # 1 |
| V-2 | VALVULA DE AIRE                    | PT-2 | FILTRO DE TAMBOR # 2 | BG-2 | BOMBA HORIZONTAL # 2 |
| V 3 | VALVULA DE AGUA                    | PT-3 | FILTRO DE TAMBOR # 3 | BG-3 | BOMBA VERTICAL # 1   |
| V 4 | VALVULA DE AIRE                    | PT-4 | FILTRO DE TAMBOR # 4 | BG-4 | BOMBA VERTICAL # 2   |
| C 1 | CAJA RECIRCULADORA AL ESPESADOR Cu | PT-5 | FILTRO DE TAMBOR # 5 | RP-1 | REPARTIDOR DE 2 VIAS |
|     |                                    | PT-6 | FILTRO DE TAMBOR # 6 | RP-2 | REPARTIDOR DE 6 VIAS |
|     |                                    |      |                      | RP-3 | REPARTIDOR DE 6 VIAS |

Iic. Datos Teóricos de un Cálculo para el Area de Filtrado en la Obtención de 1800 Ton de Concentrado de Cobre con una Humedad del 8% .

El área de filtrado, de un filtro de tambor rotatorio es de suma importancia para el diseño de dichos filtros, ya que en base a esta, se podrá conocer la producción de concentrado, de un filtro.

A continuación se hace el cálculo del área de filtrado total para obtener las 1800 ton de concentrado de cobre/día que es la producción " meta " que se desea obtener ya que en la actualidad hay una producción promedio de 1200 ton de concentrado de cobre/día con una humedad del 8 al 10%.

Los datos que a continuación se muestran fueron obtenidos de manual técnico de operación de la planta de filtros; algunos de ellos se obtuvieron de las propias variables de operación de la misma planta de filtros:

Torta	92% sólidos
	8% agua
Producción que se desea	1800 ton de conc. de Cu/día
Gravedad específica de la pulpa	4.7
Porciento de huacos de la torta	40%
Espesor promedio de la torta	2.54 cm



Volumen de pulpa:

891.7 m<sup>3</sup> de agua que va a descargar el  
espesador de conc. de cobre

352.3 m<sup>3</sup> de sólidos que va a descargar  
\_\_\_\_\_ el espesador de conc. de cobre

1244.0 m<sup>3</sup> de pulpa

Area de filtrado:

$$AF = \frac{V}{h}$$

AF = Area de filtrado

h = Espesor de la torta

V = Volumen de pulpa

Considerando un 40% de huecos

en la torta, se tiene:

$$AF = \frac{1244.0 \text{ m}^3 * 1.4^*}{0.254 \text{ m}}$$

$$AF = 68566.93 \text{ m}^2$$

\* Dato técnico

Considerando un margen de seguridad de un 50%

que es lo que se recomienda en este tipo de filtros:

$$AF = 68566.93 \text{ m}^2 * 1.5$$

$$AF = 102850.0 \text{ m}^2$$

Area de filtrado de un filtro:

$$\text{Area} = II * D * L$$

L = 6.1 m de longitud

D = 3.66m de diámetro

$$A = 3.1416 * 6.1 * 3.66$$

$$A = 70.14 \text{ m}^2$$

Revoluciones por hora para un filtro:

Considerando que el área de filtrado

es de 68566.93 m<sup>3</sup> tenemos:

$$\frac{68566.93 \text{ m}^2 * 1.5}{24 \text{ Hr}} = 4285.43 \text{ m}^2 / \text{ Hr}$$

$$\frac{4285.43 \text{ m}^2 / \text{ Hr}}{70.14 \text{ m}^2} = 61.10 \text{ Rev/Hr filtro}$$

Debido a que se tienen seis filtros de

tambor rotatorio de iguales dimensiones:

$$\frac{61.10 \text{ Rev/Hr filtro}}{6 \text{ filtros}} = 10.18 \text{ Rev/Hr}$$

Por lo general nunca se tienen en opera

ción más de 4 filtros, por lo tanto:

$$\frac{61.10 \text{ Rev/Hr filtro}}{4 \text{ filtros}} = 15.27 \text{ Rev/Hr}$$

Lo que nos indica que para obtener la producción de 1800 Ton de conc. de cobre/día, necesitaremos un área de filtrado de ----- 68566.93 m<sup>2</sup>, operandose 4 filtros a una velocidad de 15 Rev/Hr .

CAPITULO III

LA SEGREGACION COMO PROBLEMA  
PRINCIPAL EN LA PLANTA  
DE FILTROS



### IIIb.1 Torque Alto

La alimentación que entra al espesador de concentración es -- por el centro, el agua recuperada se recoge periféricamente, y -- la pulpa se descarga por una depresión central en forma de cono truncado, el cual posee dos descargas principales y dos emergentes, fig. (10), por medio de una ó dos bombas horizontales de -- 15 Hp cada una.

La característica especial de esta máquina y de la que se -- deriva su nombre Torq (Dorr Torq) que viene de torque y que significa "Par" es su mecanismo automático de levantamiento accionado por un par ó torque, que hace que los brazos que portan los rastrillos se levanten cuando encuentran una sobrecarga y los baja de nuevo hasta su posición normal una vez que ha desaparecido dicha sobrecarga.

En el centro del tanque, hay una columna ó pilar fija construida de acero fig. (10); encima de esa columna central, a un metro aproximadamente sobre el nivel del agua se encuentra montado un sistema-motriz formado por dos motores de 3 Hp cada motor; cada uno de los rastrillos va a poseer un indicador de torque.

De acuerdo a la práctica de operación el torque indicará si existe carga acumulada en el cono central de descarga del espesador; esto se verá cuando los indicadores aumenten su valor.

Al observarse una disminución del por ciento de sólidos en la pulpa que alimenta a la planta de filtros acompañado de un torque alto nos estará indicando que hay un acumulamiento de carga en el cono de descarga del espesador, impidiendo la descarga-

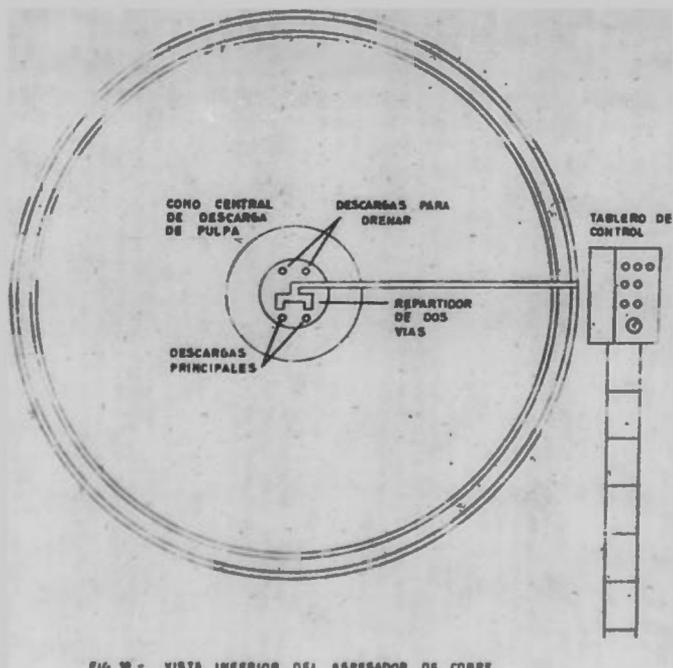


FIG 10 - VISTA INFERIOR DEL ESPESADOR DE COBRE

normal de pulpa; lo cual traerá como consecuencia una segregación de material dentro del espesador.

La disminución del porcentaje de sólidos, trae como consecuencia, como ya se indicó, un acumulamiento de carga en el espesador y un aumento del torque, la operación a seguir será subir los rastrillos para evitar el atascamiento de los mismos.

El valor límite del torque a que puede llegar el mecanismo de los rastrillos es de 260\* ya que despues de este valor el mecanismo de seguridad del espesador detiene automáticamente los motores de los rastrillos.

\*Este valor de torque carece de unidades; indicandonos unicamente, que existe una sobrecarga en el espesador por lo que la fuerza motriz de los rastrillos deberá ser mayor.

### IIIb.2 Bajo Porcentaje de Sólidos

Como consecuencia de un acumulamiento de carga en el espesador de concentrado de cobre va haber un decremento en la densidad de la pulpa. Normalmente durante la operación de filtrado deberá de haber de un 60 a 65% de sólidos en volumen, ya que al suceder una segregación disminuye el por ciento de sólidos hasta un 10%.

El tener un bajo por ciento de sólidos en la descarga implicará que será lo mismo que se tenga que filtrar. Esto no es posible ya que no se logra formar un espesor de torta considerable. También, debido a que la carga no es homogénea la torta sobre -- las lonas de filtrado tampoco lo es, presentandose esta torta de concentrado en forma de chipotes ó bolas sobre la superficie de las lonas de los filtros.

Lo que debe hacerse inmediatamente una vez que se conoce -- que existe un por ciento de sólidos bajo, es recircular la carga- (flujo) que mandan las bombas horizontales hacia las bombas verticales y de éstas al cajón de recirculación y luego al espesador de concentrado sin permitir que nada de flujo pase a la planta de filtros, hasta tener un por ciento de sólidos adecuado que- podrían ser de aproximadamente un 54% para poder comen~~zar~~ a filtrar (aún sin tener el porcentaje de sólidos normal de opera~~ción~~) y a su vez una homogenización de la carga.

### IIIb.3 Problemas en la Operación del Equipo

Al suceder una segregación de carga como se explicó anteriormente va a existir un porcentaje de sólidos muy bajo pero a su vez ese porcentaje de sólidos en su mayoría va a estar formado por partículas de alta densidad (como el Fe), esto trae como consecuencia problemas en la operación del siguiente equipo:

- A.- Bombas Horizontales
- B.- Bombas Verticales
- C.- Agitadores Mecánicos
- D.- Filtros de Tambor

#### A.- Bombas Horizontales

Se encuentran situadas en la descarga del espesador; existe una tendencia a quedar atascadas las tuberías de flujo de ambas bombas, que descargan en las bombas verticales; por lo que hay que vigilar el flujo, adicionándose a las tuberías agua y aire -- cuando se requiera, fig. (11).

#### B.- Bombas Verticales

En el caso de estas bombas se ha observado que durante una segregación, les es difícil subir la carga hasta el repartidor - de dos vías situado arriba de los filtros, como ya se indicó, -- por lo que en ocasiones deberán operarse las dos bombas verticales al mismo tiempo ó bien recircularse si es necesario.

Cabe hacer notar que no es recomendable trabajar con los ca

jones, en los que se encuentran las bombas verticales, llenos; - ya que existe la posibilidad de atascarse la tubería que conduce el flujo a la planta de filtros.

#### C.- Agitadores Mecánicos

Al suceder una segregación de carga, los agitadores de cada uno de los filtros tienden a atascarse ya que la carga es muy pesada (sólidos con alta densidad) por lo que habrá que vigilar el amperaje de los motores de cada uno de los agitadores, los cuales deberán oscilar entre 3 y 6 amperes.

Al sobrepasar los 6 amperes deberá de cortarse la alimentación a los filtros ó bien drenarse éstos para evitar el atascamiento de los agitadores.

#### D.- Filtros de Tambor

Por lo que respecta a la torta obtenida sobre la tela filtrante, ésta como ya se indicó no va a ser uniforme, presentando chipotes ó bolas a lo largo de la tela, lo cual puede provocar a la larga un acumulamiento considerable de carga en las paredes - de las tinas de los filtros, frenando el tambor y por lo tanto - el mecanismo de rotación del mismo, provocando serias averías a éste.

Lo que debe hacerse en estos casos es aumentar la velocidad de rotación de los filtros para que de esa manera se puedan evitar grandes protuberancias sobre la tela de filtrado.

C A P I T U L O    I V

S O L U C I O N   P R A C T I C A    A L  
P R O B L E M A   D E   L A  
S E G R E G A C I O N

**IVa. Procedimiento a seguir en una Segregación**

En el caso de que la segregación se haya presentado se deberá proseguir de la siguiente manera:

**IVa.1** Drenar el espesador de concentrado el tiempo que se considere necesario, el cual puede variar entre 30 y 60 minutos ó más si lo requiere, esto se hace con el fin de desalojar la carga acumulada (no homogénea) del cono de descarga del espesador.

Antes de efectuar este paso se requiere haber subido los -  
rastrillos para evitar un atascamiento de los mismos.

**IVa.2** Una vez que se drenó el espesador se procederá a recircular la carga al mismo espesador hasta obtener un porcentaje de sólidos con los que se pueda comenzar a filtrar ( aproximadamente un 54%). En ocasiones se podrá drenar y recircular la carga al mismo tiempo.

**IVa.3** Al obtener un porcentaje de sólidos aceptable se procederá a filtrar con uno ó dos filtros dependiendo de la densidad de pulpa que se tenga en la descarga del espesador de concentrado de cobre.

#### IVb. Solución Práctica al Problema de la Segregación

Debido a la importancia tan grande que representa el problema de la segregación, se consideró necesario efectuar una modificación en el equipo.

Primeramente, se tomaron en cuenta cuales habían sido las principales causas que habían provocado la segregación.

Se observó en primer lugar que las bombas horizontales (de velocidad variable y fija) fig. (11), colocadas en la descarga del espesador presentaban problemas en su operación. Así como -- también se observó que el sistema de descarga del espesador a -- las bombas horizontales no era el adecuado.

Se notó también, que la diferencia de diámetro de la tubería iba de las bombas horizontales a las bombas verticales, la cual era de mayor diámetro respecto a la tubería que iba de la descarga inferior del espesador hacia las bombas horizontales, -- traía como consecuencia una baja eficiencia en las bombas horizontales.

Se consideró necesario la instalación de una nueva bomba para descargar el espesador, en el caso de que las bombas horizontales se encontrasen averiadas, tratándose de evitar de esta forma una segregación.

Tomando en cuenta todo lo anterior, se consideró necesario efectuar una serie de modificaciones, las cuales se describen a continuación.

Cada una de las descargas del espesador de concentrado va a tener una tubería directa hacia una bomba horizontal, evitando --

de ésta manera problemas para la operación de cada una de las -- bombas horizontales, fig. (11).

Se redujo el diámetro de tubería de 15.24 cm a 10.16 cm de la tubería que va de las bombas horizontales a las bombas verticales.

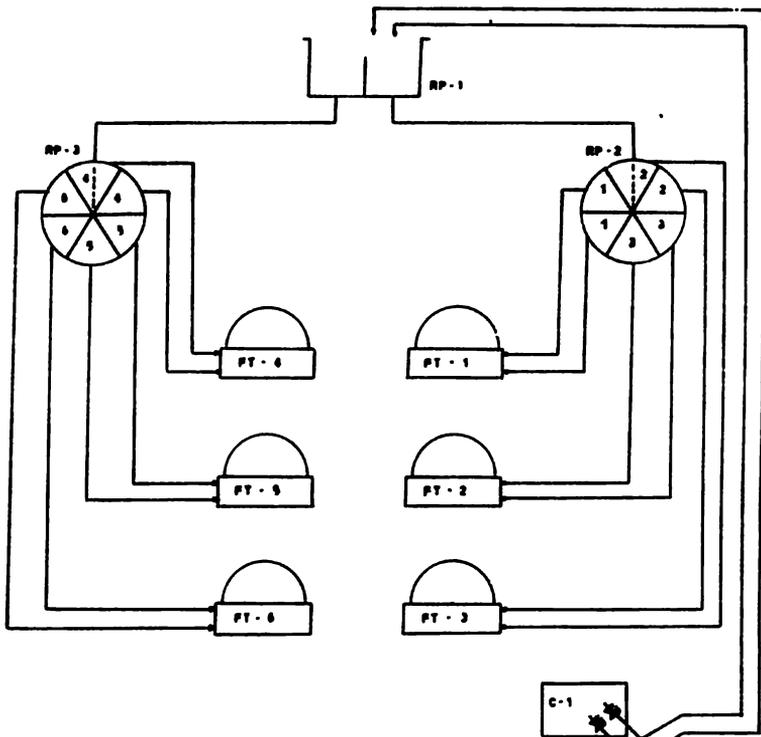
Se colocaron motores más potentes a las bombas horizontales de 10 Hp a 15 Hp.

Se colocó también una bomba vertical fuera del tunel del sumidero para recircular de una de las descargas del espesador (de las utilizadas para drenar el espesador) a las bombas verticales y de estas bombas, al cajón de recirculación que alimenta al espesador.

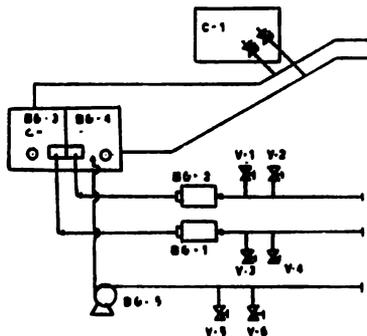
De ésta manera en caso de que las dos bombas horizontales - estuvieran averiadas se utilizaría ésta bomba como último recurso para evitar el acumulamiento de carga dentro del espesador y como consecuencia la segregación.

Se observó que la eficiencia de cada uno de los filtros se vio disminuida hasta antes de la modificación un 40%.

En resumen podemos decir que las modificaciones efectuadas fueron provechosas disminuyendo en gran parte la posibilidad de una segregación.



AREA DE FILTROS  
FIG. 11



- |                               |                           |                                       |      |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------|
| V-1 VALVULA DE AGUA           | PT-1 FILTRO DE TAMBOR n 1 | B6-1 BOMBA HORIZONTAL (VEL. FIJA)     | SS 1 |
| V-2 VALVULA DE AIRE           | PT-2 FILTRO DE TAMBOR n 2 | B6-2 BOMBA HORIZONTAL (VEL. VARIABLE) | SS 2 |
| V-3 VALVULA DE AGUA           | PT-3 FILTRO DE TAMBOR n 3 | B6-3 BOMBA VERTICAL                   | SS 1 |
| V-4 VALVULA DE AIRE           | PT-4 FILTRO DE TAMBOR n 4 | B6-4 BOMBA VERTICAL                   | SS 2 |
| V-5 VALVULA DE AGUA           | PT-5 FILTRO DE TAMBOR n 5 | RP-1 REPARTIDOR DE PULPA DE 2 VIAS    | SS 1 |
| V-6 VALVULA DE AIRE           | PT-6 FILTRO DE TAMBOR n 6 | RP-2 REPARTIDOR DE 6 VIAS             | SS 1 |
| C-1 CAJON DE RECIRCULACION AL | SSPESADOR Cu.             | RP-3 REPARTIDOR DE 6 VIAS             | SS 2 |

**C A P I T U L O   V**

**C O N C L U S I O N E S**

## V. CONCLUSIONES

Por lo expuesto en los capítulos anteriores, el problema de la segregación provoca serias consecuencias de tipo económico

Cabe recalcar que este problema no solamente ocasiona el paro de la planta de filtros, sino también puede llegar a causar el paro general de la planta.

Por lo que se consideró necesario efectuar una modificación en el equipo.

El cual básicamente consistió en cambiar el sistema de descarga del espesador hacia las bombas horizontales fig. (11), aumentando también la potencia de estas últimas; así como también disminuir el diámetro de la tubería de flujo que va de las bombas horizontales a las bombas verticales para aumentar de esta forma la eficiencia de las bombas horizontales.

Con dicha modificación se observó que:

El tiempo de operación promedio de las lonas de filtrado -- que antes de la modificación era de aproximadamente de 500 h de operación, se vió incrementada una vez efectuadas las modificaciones anteriores, aumentando hasta 1200 h de operación--

Podemos concluir que la eficiencia tanto de los filtros como del demás equipo crítico, como son las bombas de transferencia de flujo, se vió incrementada aproximadamente un 40%, disminuyendo de esta manera las posibilidades de una segregación.

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

- 1.- Arthur F. Taggart, Elementos de Preparación de Minerales ---  
Editorial Interciencia, 1966, páginas 40 - 46
- 2.- Perry H. Robert and Chilton, Manual del Ingeniero Químico --  
quinta edición, Editorial Mc. Graw Hill, 1979, páginas 19-44  
a 19-86.
- 3.- Philip Rabone, Concentración de Minerales por Flotación, -  
editada por la Comisión de Fomento Minero, unica edición en  
español, 1974, México D. F.
- 4.- Cfa. Mexicana de Cobre, Manual de Operaciones de la Planta -  
de Filtros y de la Planta en General. México D.F., 1979.
- 5.- N. Németh., Artículo publicado por la División de Procesa---  
mientos de Minerales, Rama Minera, 1978.