

---

## INGENIERIA DEL PROYECTO.

### Proceso Seleccionado

#### Separación de Sólidos por Flotación.

La flotación es una de las operaciones utilizadas en la Industria para separar uno ó más componentes de una mezcla de sólidos.

El proceso puede definirse como la separación mecánica de las partículas sólidas de esos componentes, en medio generalmente acuoso, basada en su habilidad para concentrarse en una interfase líquido-gas en virtud de sus propiedades superficiales, diferentes de las del resto de los componentes de la mezcla.

El término flotación se ha generalizado actualmente para designar a la operación de flotación con espuma, pero en sus primeras aplicaciones, la separación de sólidos se efectuaba usando un aceite desperso en la pulpa, en la cual no se forma ninguna espuma, a la cual se le llamó "Flotación de --- Aceite".

No obstante que el objetivo final de la flotación es lograr una separación sólido-sólido, es necesario que intervenga en el proceso tres fases: una sólida dispersa formada por la mezcla de componentes por separar; otra líquida ó fase dispersante y otra gaseosa, generalmente aire, que actúa como

el medio que transporte a las partículas en suspensión hacia la superficie superior del sistema.

Flotación de Minerales que Contienen Plomo y Zinc.

Los minerales comúnmente presentes en las menas que llevan sulfuros de plomo y zinc son: La galena (sulfuro de plomo), la esfalerita (blenda de zinc), la pirita ( $\text{FeS}_2$ ) y ocasionalmente la pirrotita ( $\text{FeS}$ ). Los minerales de cobre a menudo no se presentan en cantidad apreciable, pero casi siempre se encuentra una huella de ellos.

La práctica usual es la de conducir una separación en dos etapas con la producción de concentrados de plomo y zinc, con el rechazo de la pirita, si es que está presente, enviándola a las colas. Sin embargo, si existe suficiente pirita en el mineral y existe mercado ó algún uso para ella se debe sacar empleando una tercera etapa.

En la separación en dos etapas de los sulfuros de plomo y zinc, teóricamente deberá ser posible flotar la galena con xantato etílico ó un colector similar en la primera etapa sin levantar los minerales de zinc y de hecho esto puede ocasionalmente hacerse. Sin embargo, la mayoría de las menas de plomo-zinc contienen una pequeña cantidad de sulfuro de cobre, la cual llega a oxidarse en cierto grado y activa los sulfuros de zinc. Aún cuando sólo una huella ó traza

de cobre se halle presente, puede ésta activar una importante cantidad del mineral de zinc para levantarlo en el concentrado de plomo por encima del límite de castigo, el que generalmente es del orden de un 8% de zinc. El cianuro de sodio es el reactivo más efectivo para mantenerlo en el fondo, porque forma con la sal de cobre un complejo soluble que contiene el ion cuprocianuro,  $\text{Cu}(\text{CN})_2$ , muy estable, que no reacciona con el sulfuro de zinc. La depresión de los minerales de zinc por medio del cianuro de sodio es normalmente efectiva si se agrega suficiente cantidad para atrapar ó sujetar todo el cobre.

La combinación del cianuro de sodio y del sulfato de zinc es particularmente útil en la flotación de minerales de plomo-zinc conteniendo una cantidad apreciable de sulfuros de cobre. El cobre debe ser flotado con el plomo en la primera etapa (paso) pues no ha sido ideado ó descubierto, hasta ahora, como obtener una separación directa en tres etapas, ni como separar el cobre de los sulfuros de zinc. Puesto que los sulfuros de cobre no son afectados por el sulfato de zinc, el concentrado en masa del plomo-zinc se hace en un circuito conteniendo tan poco cianuro como fuere posible para reducir al mínimo la depresión de los minerales de cobre pero sí suficiente sulfato de zinc para conservar en el fon-

do de la celda ó celdas el grueso (cantidad) de los sulfuros de zinc.

En la segunda etapa las colas de las celdas primarias de plomo-cobre pasan a un tanque acondicionador donde los minerales de zinc son activados con sulfato de cobre --- siendo deprimida cualquier cantidad de pirita que esté presente con  $\text{Ca(OH)}_2$ . La activación por un lapso que varía de 15 a 20 minutos es más común, especialmente, para el caso de sulfuros de zinc de baja ley. Con algunas menas, la activación se realiza tan lentamente que se practica un calentamiento por medio de tubos que conducen vapor introducidos en el acondicionador para violentar la reacción. Los sulfuros de zinc son entonces flotados con xantantes colectores. Uno de los xantatos colocado más alto en la serie (más efectivo) se requiere por lo común, pero puede elevar demasiada pirita cuando se añade en cantidad suficiente para conseguir la recuperación requerida de zinc. En este caso, el aerofloat colector usado conjuntamente con el xantato etílico, por lo común, es más efectivo. El aerofloat de sodio se emplea a menudo para este objetivo pues es un colector selectivo para los sulfuros de zinc y tiene poca acción sobre los sulfuros de fierro. Los aerofloat 203, 211 y 243 también han sido -- considerados provechosos ó útiles a veces, ya sea usados so-

los ó juntamente con el aerofloat de sodio.

En lo que respecta a espumantes, el aceite de pino- es comúnmente usado con xantatos colectores. Sin embargo, - puede producir una espuma demasiado sucia, con algunos de -- los aerofloats en cuyo caso la substitución se hace con áci- do cresílico.

La tabla No. 5 muestra los reactivos usados en el - proceso de concentración así como su consumo.

T A B L A No. 5

TIPO DE REACTIVO	CONSUMO UNIT. kg/ton.
Cianuro de Sodio NaCn	0.0454 - 0.1816
Sulfato de Zinc ZnSO <sub>4</sub>	0.1362 - 0.5448
Xantato ETyL	0.009 - 0.0454
Sulfato de Cobre CuSO <sub>4</sub>	0.227 - 0.908
Hidróxido de Calcio Ca(OH) <sub>2</sub>	0.454 - 1.816
Aerofloat 211	0.01362- 0.0229
Ac. Cresílico	0.01 - 0.07

### Descripción del Proceso.

El mineral que llega de la mina se va a procesar para separarlo de la ganga y así elevar su ley, lo que va a significar el que los costos de los fletes sufran una disminución considerable, al no estar acarreado carga muerta, del lugar de extracción a la fundición.

El proceso de separación mecánica por flotación es un proceso desarrollado para la obtención de concentrados de minerales sulfurosos y consta de varios pasos:

Trituración.

Molienda y Clasificación.

Flotación.

Espesado y Filtrado.

Trituración. La trituración se lleva a cabo en dos pasos, siendo el primero con una quebradora de quijada (primaria) y el segundo con una trituradora de cono de cabeza corta (secundaria).

El mineral proveniente de los patios de almacenamiento y que corresponde a una carga de ley homogénea se vacía en la tolva de mineral grueso (no mayor de 8"), de la cual a través de un alimentador de cadena (AC-1), se lleva a la quebradora de quijada (Q-1).

La relación de trituración, esto es, la relación en

tre el tamaño de las piezas más grandes que entran a la máquina y el de las más grandes que salen de la misma, es generalmente de 5 a 1 para obtener una buena eficiencia.

El mineral que logra entrar a la quebradora de quijada (primaria) fué el que no logra pasar a través de una criba (parrilla de rieles, PR) de 2" de abertura, el que si logra pasar, se une al de la descarga de la quebradora de quijada (mineral a 2"), el cual es conducido a través de un transportador de banda (TB-1) hasta una criba vibratoria -- (CV) de donde se obtendrán dos productos que seguirán distintos caminos: Los finos (mineral de 3/8") caerán a una banda transportadora (TB-3) la cual los llevará directamente hasta la tolva de finos (TF); los gruesos (mineral mayor de 3/8") los que no pasan las mallas caerán a una banda --- transportadora (TB-2) la cual los llevará hasta la quebradora de cono de cabeza corta (Q-2) donde el mineral se reduce hasta un tamaño de 3/8", descargando en una banda transportadora (TB-1) la cual va y descarga a la criba vibratoria - (CV) cerrándose así el circuito de trituración.

Estas cribas antes de las quebradoras nos sirven - para ahorrar trabajo a las mismas, pues el material que ya está reducido de tamaño no pasa por ellas y se une después a su producto.

El producto con un tamaño máximo de 3/8" se almacena en una tolva de finos que en este caso tiene capacidad para almacenar dos días de suministro de mineral pues la sección de trituración no trabaja el séptimo día.

No se aconseja diseñar una planta de trituración para que opere las 24 horas del día. Las máquinas están sujetas a mayores choques y desgastes que la maquinaria de molienda y concentración y por lo mismo deben ser objeto de mayor atención.

Es casi una costumbre universal triturar la producción diaria en un turno de 8 horas, en plantas pequeñas, de manera de tener tiempo disponible para inspección y cualquier reparación necesaria.

Así mismo se trabaja sólo 6 días a la semana y para el día de descanso se tiene que tener mineral triturado para alimentar la sección de molienda que sí trabaja 24 horas al día y los 7 días de la semana.

De aquí que diariamente se debe triturar la capacidad de la planta más 1/6 de ésta, para que al cabo de los 6 días de trabajo tener mineral listo para alimentar el molino al séptimo día.

Molienda y Clasificación. En la sección de molienda el producto almacenado en la tolva de finos no mayor de -



3/8" se reduce de tamaño hasta el apropiado para la siguiente fase, en este caso, flotación.

La molienda se lleva a cabo con un molino de bolas - (MB) y un clasificador (ciclón clasificador, CC).

El mineral de la tolva de finos pasa al molino por medio de una banda transportadora (TB-5), agregando agua al molino, por los efectos de los impactos que ahí recibe y la fricción entre las bolas reduce su tamaño, sale del molino y entra al ciclón clasificador. El mineral que tiene el tamaño requerido es conducido hacia la sección de flotación, el resto del mineral que no cumple con los requerimientos de tamaño se descarga en la alimentación del molino para que vuelva a pasar por éste. Después que el mineral ha pasado por el circuito de molienda la pulpa debe satisfacer dos condiciones -- principales:

PRIMERO: Las partículas del mineral deben ser del tamaño necesario para la flotación. Existe un límite del tamaño máximo de las partículas que es aceptado por las máquinas de flotación, este tamaño es de 48 mallas pues generalmente éstas tienen tendencia a desprenderse de las burbujas que forman la espuma.

El límite de tamaño mínimo nos lo da el hecho de -- que las moliendas más finas de 200 mallas son demasiado costo

sas para que sean económicas.

SEGUNDO: La pulpa debe ser tan densa como sea posible con el objeto de mantener el consumo de reactivos tan bajo como sea posible teniendo así una mayor economía.

Flotación. El mineral que logra pasar del circuito de molienda a la sección de flotación, es conducido primeramente a un tanque acondicionador (A-1) donde se agregan los reactivos necesarios para flotar el mineral deseado (Cu-Pb) en el primer banco de celdas (CF-1).

El concentrado (Cu-Pb) obtenido en el primer banco de celdas es conducido hacia un tanque espesador (E-1), donde se logra recuperar parte del agua, la cual es conducida hacia el molino para ser utilizada de nuevo. El concentrado se lleva a la sección de filtración.

Las colas obtenidas en el primer banco de celdas pasan a un segundo tanque acondicionador (A-2), donde se le agregan los reactivos necesarios para flotar el elemento deseado (Zn). Posteriormente esta pulpa ya acondicionada pasa a un segundo banco de celdas (CF-2), donde el concentrado obtenido, en el cual se encuentra el zinc, es conducido a un segundo tanque espesador (E-2). El agua recuperada es conducida a la pila de recuperación de agua y el concentrado a la sección de filtración. El residuo obtenido en el segundo banco de celdas (CF-2) corresponderá a los jales los cuales-

irán a parar a un represo de jales construído para su almacenamiento.

Espesado y Filtrado. Comúnmente el concentrado de la sección de flotación contiene únicamente de 20 a 30% de sólidos a la salida de las celdas limpiadoras y debe ser decantado antes de ser embarcado, la decantación se lleva a cabo en dos pasos.

PRIMERA: La mayor parte del agua se quita por medio de un espesador del cual el concentrado descarga en forma de una pulpa espesa con 55 a 65% de sólidos, y se recupera de un 60 a 70% del agua original.

SEGUNDA: La pulpa espesa se pasa por medio de una bomba de diafragma a un filtro del cual los sólidos se recogen en forma de una costra que contiene de 10 a 15% de agua.

El costo de esto segundo paso es mucho más elevado que el primero pero es necesario hacerlo pues el espesador nunca podría dar un producto suficientemente seco para mandarse al patio de almacenamiento y esperar a ser embarcado a la fundición.

#### Diagramas.

Con el fin de hacer una descripción pictórica del proceso se acompañan los siguientes diagramas: Diagrama de flujo del proceso y Diagrama de bloques.

#### Diagrama de Flujo del Proceso.

Este diagrama tiene como finalidad el hacer una representación gráfica de los pasos mencionados en la parte selección del proceso de la sección anterior.

#### Diagrama de Bloques.

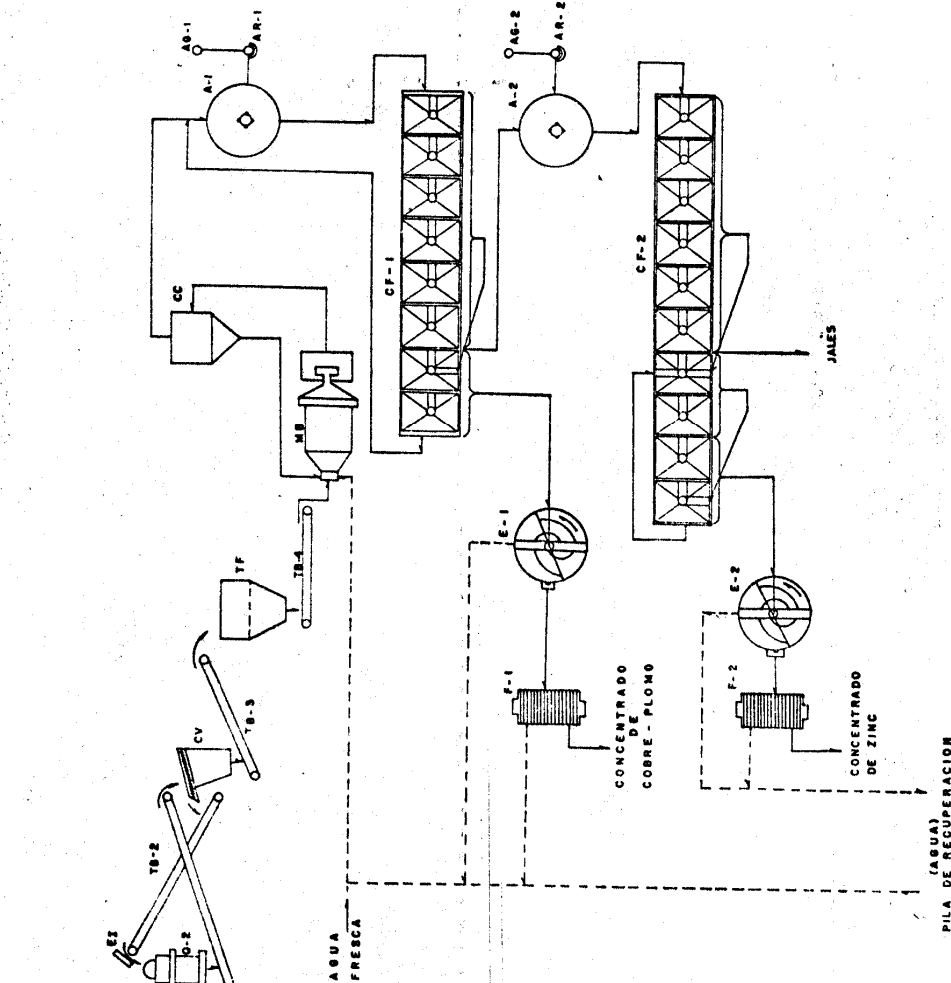
Este diagrama nos muestra las distintas operaciones a realizar, para poder aumentar la ley de los minerales con los cuales se alimentará la planta.

Los dos diagramas mencionados combinados con las especificaciones y dimensiones del equipo, así como la topografía del terreno, serán la base para la distribución de la planta (plant Layout). Procurando siempre aprovechar las características del terreno para el manejo de fluido y sólidos por gravedad .

#### Maquinaria y Equipo

##### Selección de Maquinaria y Equipo.

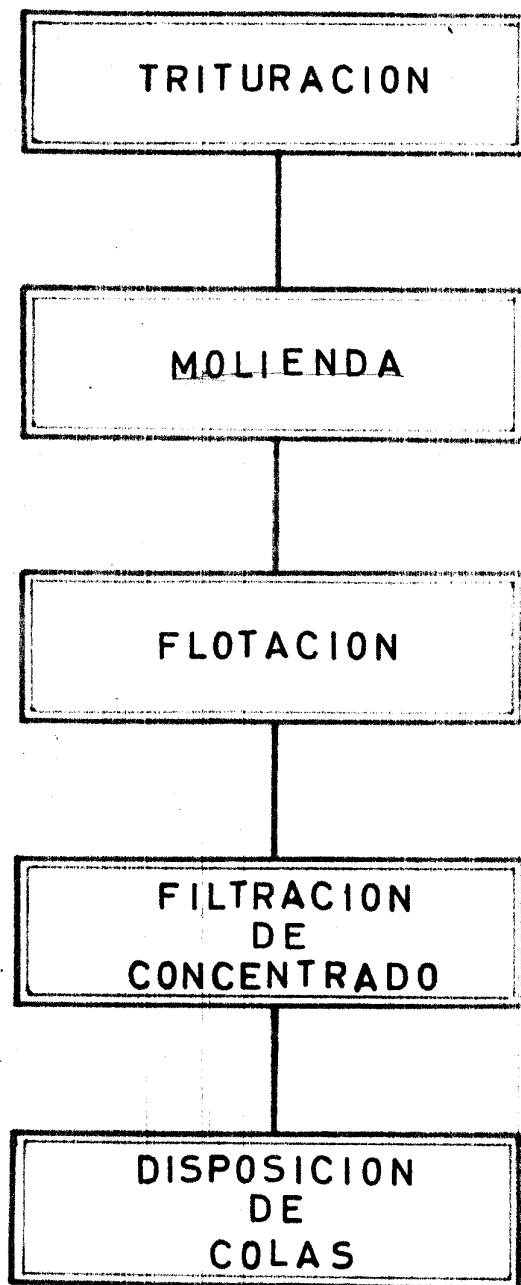
La elección del equipo a utilizar en el estudio, se basó en la alternativa de adquirir equipo nuevo, ya que aunque existe la posibilidad de comprar equipo reconstruido, se estimó que sería un ahorro mal entendido, puesto que su productividad se vería afectada tanto por la inexistencia de refacciones de entrega inmediata y el probable alto costo de mantenimiento así como por el rendimiento que tendría a largo



A	ACONDICIONADOR
AC	ALIMENTADOR DE CAJERA
AG	AGITADOR DE REACTIVO
AP	ALIMENTADOR DE AGUAS
AR	ALIMENTADOR DE REFINOS
CC	CELULA CLASIFICACION
CE	CELLOS DE FLOTACION
CV	CRIFA VIBRATORIA
E	ESPESADOR
E-1	ESPESADOR
E-2	ESPESADOR
F-1	FLOTACION
F-2	FLOTACION
GA	GRUPO DE ANILAS
MB	MOLINO DE BOLAS
PR	PARRILLA DE RELES
Q-1	QUEBRANZA DE CUBA
Q-2	QUEBRANZA DE CUBA
TB-1	TRANSPORTADOR DE BANDA
TB-2	TRANSPORTADOR DE BANDA
TB-3	TRANSPORTADOR DE BANDA
TB-4	TRANSPORTADOR DE BANDA
TF	TOVA DE FINOS

DISTRIBUCION DE EQUIPO PLANTA DE BENEFICIO DE MINERALES

# DIAGRAMA DE BLOQUES



plazo.

En la tabla No. 6 aparece una lista con las especificaciones del equipo principal.

T A B L A No. 6

ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA

<u>Descripción:</u>	<u>Cantidad.</u>
I. <u>Equipo de Trituración.</u>	
1. Quebradora de quijada de 10" x 20" descargando a 2"	1
2. Motor de 25 H.P.	1
3. Criba vibratoria de 4' x 8' con mallas de 2" y 3/8"	1
4. Electroimán: 3900 watts, 115 volts.	1
5. Bandas transportadora 18" ancho / 3 capas	
6. Quebradora de cono: short head de 2'.	1
7. Motor de 25 H.P.	1
8. Tolva de gruesos de 100 ton. de capacidad	1
9. Alimentador de cadena 18" de ancho.	1
II. <u>Equipo de Molienda.</u>	
1. Molino de bolas de 5' x 8'	1
2. Motor de 75 H.P.	1
3. Alimentador de reactivos sólidos	1
4. Muestreador de sólidos	1



<u>Descripción:</u>	<u>Cantidad.</u>
5. Bomba del molino SKL 4" x 3"	1
6. Ciclón clasificador CK-10	1
7. Muestreador de pulpas	1
8. Tolva de finos de 250 ton. de capacidad	1
 <u>III. Equipo de Flotación.</u>	
1. Celdas de flotación (Cu-Pb) marca Denver Modelos "Sub-A" No. 18 volumen por celda 25 ft <sup>3</sup> .	8
2. Alimentador reactivos líquidos	2
3. Agitador de reactivos	2
4. Tanques de Acondicionamiento 4' x 4' y tamaño de propela 12"	2
5. Celdas de flotación (zn) marca Denver Modelos "Sub-A" No. 18 volumen por -- celda 25 ft <sup>3</sup> .	10
 <u>IV. Equipo de Filtrado.</u>	
1. Tanque Asentador de 10' x 10'	2
2. Filtro de discos 4 x 4 discos	2
3. Bomba de vacío 10 H.P.	2
4. Muestreador de pulpas (jales)	1
5. Bomba de Diafragma de 1" modelo "E"	2
6. Bomba SKL de 3" x 3"	2