

viene pag.  
# 546

## Sección de Metalurgia

# CIANURACION

(Continuación del artículo "Metalurgia del Oro", publicado en el N° 75, de DYNA).

*Dr. Antonio Durán A.*  
Profesor de la Facultad.

**Proceso del cianuro o cianuración.** - El procedimiento consiste en tratar los minerales o las colas que contienen oro y plata, con soluciones de cianuro alcalino, de ordinario inferiores a 0.5% de KCN.

Estas débiles soluciones disuelven rápidamente el oro y la plata, salvo en casos excepcionales, que se mencionarán luego. El NaCN (equivalente a un 129 ó un 130% de KCN), es usado en lugar de KCN en muchas plantas; sinembargo, se ha objetado su uso en el tratamiento de algunos minerales.

Cuando los minerales o colas, son ácidos, o cuando contienen sulfatos de hierro o de cobre, provenientes de la oxidación de las piritas que puedan contener, se someten primeramente a un lavado con agua y luego a un tratamiento con solución alcalina de soda o cal; de lo contrario, el consumo de cianuro será exagerado.

El oro disuelto con KCN se precipita luego de sus soluciones con zinc en granalla, zinc en polvo o electrolíticamente. Este procedimiento presenta, al compararlo con el de clorinación, las siguientes ventajas:

1. - No es necesaria la tostión aunque haya piritas presentes. Esto es importantísimo sobre todo para minerales de bajo tenor, que no pagarían la tostión.

2. - Los reactivos necesarios son baratos; de aquí que resulta adecuado para minerales de bajo tenor.

3. - Por este procedimiento la Ag se extrae junto con el Au.

4. - En la clorinación los metales básicos son atacados, de preferencia el oro, en tanto que en la cianuración, ocurre lo contrario, sobre todo si se trabaja con soluciones débiles de cianuro.

Naturalmente es atrevido decir si un mineral dado puede ser tratado eficientemente por cianuración; la ciencia y la experiencia enseñan que debe estudiarse técnicamente cada caso particular.

Con todo puede decirse que, por regla general, los siguientes minerales son apropiados para el tratamiento de cianuración:

1. - Minerales en los cuales el oro se encuentra muy finamente dividido, y en los que no hay minerales básicos o existen sólo en muy pequeña cantidad. Cuando el mineral contiene juntamente oro grueso y oro muy dividido, aquél debe extraerse amalgamándolo en los morteros de los molinos.

2. - Colas de la amalgamación.

3. - Minerales que contienen piritas en que el oro no está finamente diseminado, pero en los cuales se encuentra envolviendo los cristales o metido entre planos cristalinos.

4. - Minerales en los cuales el oro se presenta finamente diseminado en piritas y pueden tratarse por cianuración, pero se requiere una molienda muy fina o un tratamiento especial.

5. - Minerales aurífero-argentíferos pueden cianurarse a condición de que las soluciones de cianuro sean fuertes y de que el tiempo de tratamiento sea largo.

6. - Minerales en los cuales el oro no se amalgama porque está cubierto con una película fina de cualquier sustancia "polvo de oro".

7. - Minerales de plata.

Los minerales y las colas, que por sus características especiales, causan un consumo excesivo de cianuro y requieren modificaciones especiales en el proceso, se clasifican como sigue:

1. - Colas viejas o minerales húmedos en los cuales las piritas han sido oxidadas, más o menos. En ellos se encuentran  $H_2SO_4$  y sulfatos de hierro y de cobre, todos ellos destructores del cianuro. Es, por consiguiente, necesario eliminar el  $H_2SO_4$  y los sulfatos solubles, lavándolos muy bien con agua y tratándolos luego, con una solución de soda o con cal; esta última, de preferencia. Hay que lavar el mineral primeramente con agua, porque si se tratara primero con la solución alcalina, los sulfatos reaccionan produciendo los hidratos, que son solubles en KCN.

Es muy común, sin embargo, añadir cal a las colas antes de vaciarlas en los tanques, o añadirla al mineral en el molino.

Las piritas puras del sistema cúbico tienen muy poca acción (si existe alguna) sobre las soluciones de cianuro. La blenda también actúa muy débilmente.



2. - Minerales que contienen carbonatos de cobre y sulfuros de cobre, piritas de cobre, marcasita y calamina. Todos estos consumen demasiado cianuro.

El cobre de los carbonatos y el zinc de las calaminas se combinan con KCN para formar cianuros dobles, pero, como los sulfuros, sólo se disuelven muy lentamente en el cianuro cuando se oxidan. La marcasita es especialmente perjudicial, porque se descompone muy rápidamente en  $\text{FeSO}_4$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . La galena pura es atacada pero muy débilmente por el cianuro.

3. - Minerales que contienen estibina. El azufre de estos minerales, tiende a combinarse con el K del KCN, para formar sulfocianuro, consumiendo, naturalmente, mucho cianuro.

4. - Los minerales que contienen telururos no son cianurables, a menos que se tuesten previamente o que junto con el cianuro se emplee bromocianuro.

En este procedimiento hay cinco operaciones distintas:

a) Preparación del mineral triturándolo, moliéndolo y remoliéndolo en un molino tubular con amalgamación o sin ella.

b) Percolación de las arenas con solución débil de cianuro de Na o de K.

c) Tratamiento de los lodos.

d) Precipitación del oro con Zn o con polvo de Zn.

e) Tratamiento del precipitado para convertirlo en barras.

**PREPARACION DEL MINERAL.** Los métodos que se describen a continuación, son los de uso general:

1. - Triturar el mineral a 25 o 30 mallas; extraer el oro grueso del mineral, amalgamando en las mesas exteriores. En algunas plantas, sobre todo en las pequeñas, se usa más frecuentemente el molino Huntington.

2. - Triturar como se acaba de decir, pero de 3 a 10 mallas, moler luego en molinos tubulares o en molinos de cuba, y amalgamar la pulpa de estos molinos.

3. - Moler el mineral como se dijo en 2, y remoler todo a lodos.

4. - Moler el mineral con solución de cianuro; una parte se convierte en lodos al moler.

5. - Moler en seco con molino de bolas. Los dos últimos molinos se han usado especialmente cuando se cianura sin amalgamación preliminar.

El empleo del molino tubular es reconocido indispensable para darles a las partículas más gruesas que vienen de la trituración, la finura requerida para un tratamiento eficaz de cianuración.

Esta puede resumirse así:

No más de 1% queda en tamiz de malla 60 (apertura, 0,01 pulg.), y de un 90 a un 93% pasa por tamiz de malla 90 (apertura, 0,006 pulg.)

Hoy día, la tendencia general es abolir la amalgamación y aún la concentración; tratar los minerales por solo cianuración, eso sí, después de molerlos hasta lodos impalpables y tratarlos luego por agitación y pasarlos por filtros-prensa.

Hay varios criterios en la práctica de la cianuración; muchos de ellos no se basan en el carácter del mineral; es por esto, muy común el que un mismo mineral reciba tratamiento diferente, en diferentes plantas.

Los métodos empleados principalmente son los siguientes:

**I. - Simple cianuración.** - Cuando el mineral consta de cuarzo puro o mineral cuarzoso, y no contiene cianicidas; cuando el oro se encuentra finamente dividido y al ser molido produce sólo una pequeña cantidad de lodos, facilitando así la percolación; el método de simple cianuración es ideal. Los cernedores deben corresponder a tamices entre 20 y 40 mallas. El oro se precipita de sus soluciones en las cajas de zinc.

Esta clase de minerales es muy escasa. Puede decirse que la cianuración es siempre una labor complicada.

**II. - Cianuración de las arenas como en el caso I.** - Con amalgamación previa en el molino o en mesas. Este método es adecuado para minerales que contienen juntamente oro fino y oro grueso. La amalgamación se hace necesaria por el hecho de que el oro grueso no se disuelve totalmente en el cianuro o lo hace a trueque de mucho tiempo.

**III. - Cianuración de arenas y lodos.** - Se requieren las operaciones siguientes:

- a) Triturar el mineral en equipos propios a un tamaño de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.
- b) Moler la pulpa muy finamente en molinos tubulares o en molinos de bolas, con amalgamación o sin ella.
- c) Separación de arenas y lodos en los clasificadores, o separación de concentrados de piritas en mesas y en lavadoras.
- d) Percolar las arenas como se dijo en I.
- e) Agitar los lodos con soluciones de cianuro y separar las soluciones de oro, bien sea por decantación, por medio de filtros de vacío, o de filtros-prensa. Este método conviene a la gran mayoría de los minerales.
- f) Precipitar el oro en las cajas de zinc.

#### IV. - Reducción total a lodos.

- a) Molienda, como en III.
- b) Reducción total de la pulpa a lodos, generalmente en molinos tubulares, algunas veces en molinos de cono, con separación de concentrados de pirita o sin ella.
- c) Amalgamación del producto de los molinos en las mesas, o si es el caso, introduciendo Hg en los molinos cónicos.
- d) Tratamiento de los lodos y de las soluciones de oro, como en el caso III.

#### V. - Cianuración de los minerales que contienen telururos o sulfotelururos, por cualquiera de los métodos siguientes:

- a) Moliendo en seco; tostado totalmente; reduciendo totalmente a lodos en molinos de bolas, con amalgamación, agitación y filtración en filtro-prensa. (Este es el procedimiento Marriner).
- b) Moliendo con solución de cianuro, clasificando, concentrando, reduciendo todo a lodos en molinos de bolas o en molinos tubulares o en ambos; agitando con cianuro y bromocianuro y filtrando en filtro-prensa. El concentrado se tuesta, y se reduce a lodos, se amalgama en molinos cónicos, se agita con cianuro y se filtra. (Este es el procedimiento de Diehl).

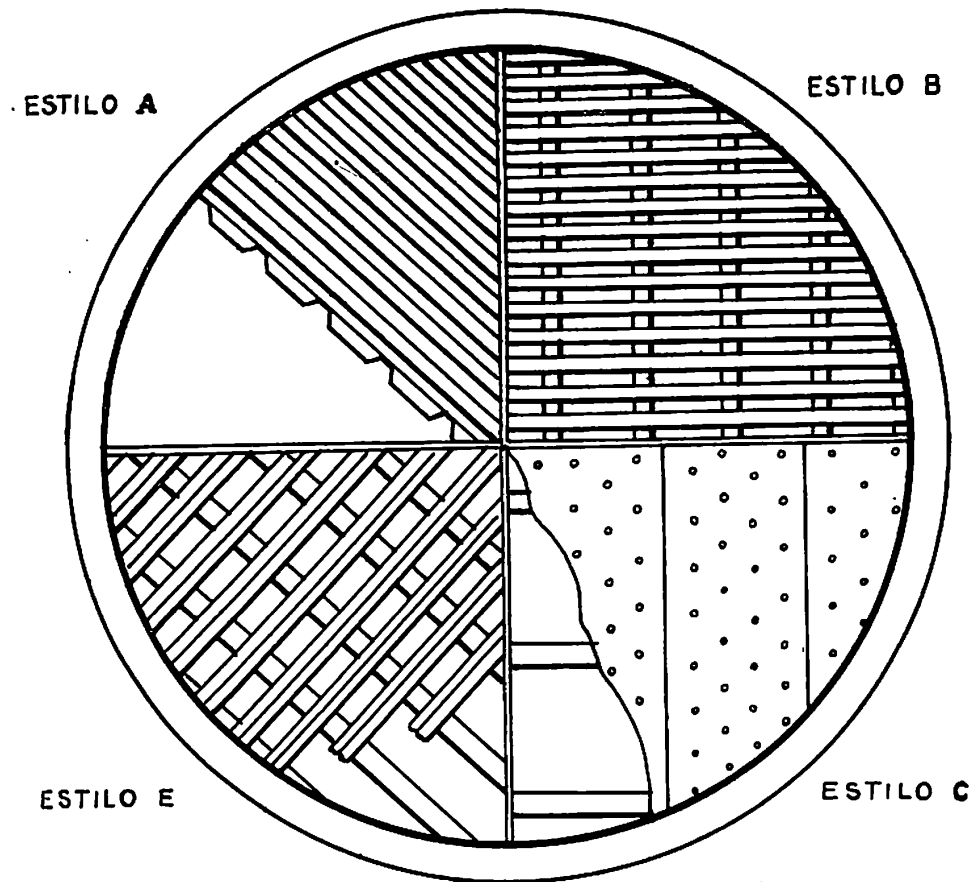
**CIANURACION SIMPLE.** La forma más simple de planta de cianuración es la que muestra las Figs. 4 y 5. La cianuración simple es aplicable sólo a las arenas o a colas que no contienen lodos, en cantidad capaz de perturbar la percolación.

Hay dos tinas de depósito *A,A* para las soluciones de cianuro, una para la concentrada y otra para la débil.

Cada una de ellas está conectada, bien por medio de canales o por tubería, con los tanques de percolación *B, B, B, B*, de suerte que siempre que se necesite, se puede llevar a cada uno de los tanques la clase de solución conveniente. Las tinas están conectadas también con los tanques sumideros *G,H* para las soluciones, a fin de que ambas clases de soluciones puedan volver a las tinas *A,A* mediante la bomba contrífuga I. Algunas veces se instala un tanque pequeño en donde se disuelve el cianuro necesario para dar a las soluciones la concentración conveniente. Los tanques de percolación *B,B,B,B*, tienen alrededor de 7,6 mts. y 2 mts. de profundidad y alrededor de 75 tons. de capacidad en arenas. Cada uno de los tanques está provisto del filtro usual (Fig. 6) con tubo de descargue debajo. Este tubo está provisto de dos llaves, dispuestas de tal modo que puedan descargar la solución en cualquiera de los canales, o tubos dispuestos al frente, uno de los cuales lleva a la tina de solución



concentrada *C*, y otro a la de solución diluída *D*, en donde se sedimenta cualquier partícula de oro finamente dividida, que haya podido atravesar los filtros.



FALSO FONDO PARA TANQUES DE LIXIVIACION

Fig. 6

Hay también en el fondo de cada tina una salida para la descarga del mineral ya estéril.

Las soluciones clarificadas pasan de las tinas *C, D* a las cajas de zinc *E, F* en donde el oro es precipitado; *E*, para la solución concentrada y *F*, para la débil.

Las soluciones provenientes de las cajas de zinc pasan a los sumideros *G* y *H*, para solución fuerte y débil, respectivamente, de donde son bombeadas a las tinas *A, A*.

En el momento de hacer la *limpia* de las cajas de zinc, el precipitado se hace converger, por medio de los canales *K, K*, a la tina de ácido *I*. El precipitado, lavado, se recoge en el filtro-prensa *N*, se seca o se tuesta en el horno *O*, y se funde en los hornos *P*.

*Q*, es un calentador de agua; *S*, el motor para accionar la bomba centrífuga, etc. y *R*, un torno para cortar las limaduras de zinc.

**Tratamiento simple.** - Es sólo adecuado para las pulpas provenientes del molino en el caso de que contengan tan poca cantidad de lodos que no perjudique la percolación.

El mineral después de haber sido preparado por cualquiera de los métodos descritos, se lleva a percolación. En teoría, la percolación debe realizarse conforme se describe a continuación; en la práctica hay que introducir mayores o menores modificaciones, según la clase de trabajo que haya que ejecutar.

Los tanques de percolación se llenan con el mineral molido. El mineral debe ser cuidadosamente nivelado por medio de un azadón o de un almocafre; los obreros deben trabajar desde fuera del tanque; la cantidad de carga debe ser tal que, cuando esté cubierta con la solución, la superficie del líquido quede de 20 a 30 cms. bajo el borde del tanque. Si la carga contiene sales solubles o ácido proveniente de la descomposición de las piritas, debe dársele un baño con agua, en sentido opuesto a la gravedad, es decir, introduciéndola por debajo del filtro. Luego de este baño se le da otro, también de abajo hacia arriba, con NaOH o con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; esta última es preferible.

Se agrega luego, aunque no en todos los casos, una solución débil de cianuro proveniente del sumidero (tina), para desplazar el agua remanente del lavado. En seguida se agrega la solución concentrada, por la parte superior, hasta que la solución cubra más o menos 3 pulgadas sobre la superficie del mineral. La solución tendrá de 0.15 a 0.25% de KCN.

En algunos casos, la solución permanece con la carga en plena quietud, es decir, sin percolación, durante varias horas; si no, las llaves de descarga se acondicionarán para que el drenaje total se realice más o menos en 24 horas.

Algunas veces esta operación se repite, y hasta ocasionalmente se ha encontrado conveniente para algunos minerales, proporcionarles varias percolaciones rápidas, empleando la misma solución que es vertida mediante bombas. (Este es el método de circulación).

Luego se le permite al mineral un drenaje completo estimulando el acceso del aire, pues es sabido que la presencia del oxígeno es esencial para la solución del oro en el KCN. En seguida se vierte la solución débil de cianuro (0.05 á 1%) en cantidad que fluctúa entre 2 y 4 veces la de solución concentrada. Finalmente se lava la carga varias veces, con agua pura, en cantidad de una parte de agua por 6 ó 10 de mineral; se emplea una bomba de vacío para ayudar a que la percolación se haga rápidamente.

El mineral ya estéril sale por los huecos a propósito y va por canales a los *vaciaderos*. Las diferentes soluciones, después de sedimentadas en



tinias especiales, pasan a las cajas de zinc; las soluciones que contienen más de 0.15% de KCN van generalmente a las cajas *E* y las que contienen menos, van a *F*.

La *limpia* de las cajas de zinc y el tratamiento de los precipitados están descritos adelante.

El método de cianuración simple que acaba de ser descrito es, de ordinario, inadecuado a las necesidades modernas; en los últimos años se han hecho instalaciones más complicadas y muy eficientes.

Los cambios más importantes son los siguientes:

1. - Aumento en el peso de minerales tratados.
2. - La adopción de conos de clasificación y de otros aparatos de concentración.
3. - La extensión de la molienda en molinos de bolas.
4. - El desarrollo de los aparatos de agitación y filtros.
5. - La introducción de polvo de zinc en lugar de las granallas o virutas.

La combinación de la molienda a grueso en las baterías con la molienda en el tubular, ha aumentado considerablemente el tonelaje alcanzado y ha mejorado la extracción del oro de sus minerales.

## PRACTICA MODERNA ORDINARIA

**Método I.** - Cuando se separan las arenas de los lodos para tratarlos por separado.

**Método II.** - Cuando el mineral se reduce totalmente a lodos.

**CASO I:**

Muchos minerales ofrecen una extracción conveniente de su oro sin necesidad de ser reducidos totalmente a lodos, y a pesar de que puede alcanzarse de ellos una extracción mayor, moliendo todo a lodos, el hacerlo no resulta económico.

Las principales operaciones para este caso son:

1. - Trituración del mineral en quebrantadoras que den un tamaño de 1 y  $\frac{3}{8}$  de pulgada.
2. - Molienda en las baterías de molinos giratorios hasta  $\frac{1}{4}$  de pulgada más o menos.
3. - Clasificación y deshidratación de la pulpa en conos o en clasificadores Dorr; el agua debe ser sólo del 40%; los lodos van a

la planta de tratamiento de lodos, y el mineral grueso, al molino tubular.

4. - Molienda de la pulpa gruesa en el molino de bolas.
5. - Amalgamación del producto del molino en mesas de amalgamación.
6. - Separación de la pulpa que sale de las mesas, en arenas y lodos, mediante conos o cualquier otro aparato; los lodos van a las plantas de tratamiento de lodos.
7. - Recoger las arenas en *tinajas de decantación*, en donde se separa un poco más de lodos. En estas tinajas la carga recibe una percolación preliminar antes de ser transferidas a los tanques especiales, instalados en seguida. En esta transfusión la carga se airea.
8. - Percolación en los tanques de tratamiento. En algunas plantas la percolación se continúa en las tinajas de colección.
9. - Las soluciones y las aguas de los lavados que contienen oro, pasan a tinajas de sedimentación, de donde, apenas se sedimentan, pasan a la planta de precipitación.
10. - Precipitación del oro en las cajas de zinc o por medio de polvo de zinc.
11. - Tratamiento de los precipitados de oro para convertirlos en barras.

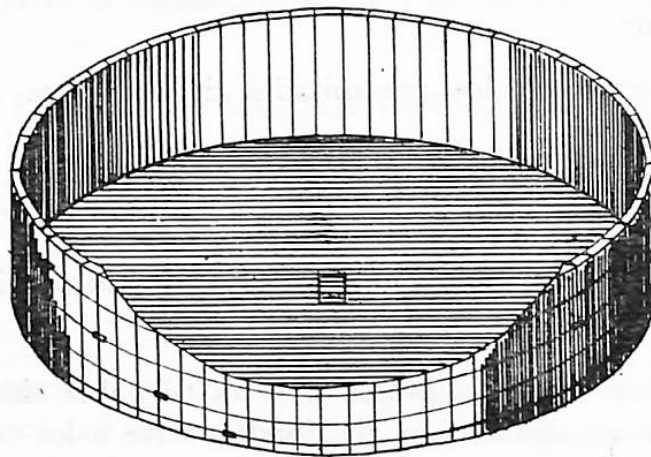
#### CASO II. - Tratamiento cuando se reduce todo a lodos.

1. - Las operaciones de trituración, molienda, deshidratación y clasificación se ejecutan como para el caso I.
2. - En el molino de bolas, la pulpa, después de haber sido molida, pasa a las mesas de amalgamación, de donde vuelve a los conos de clasificación anexos a los molinos. El sobreflujo de los conos pasa a la planta de lodos, y el subflujo entra nuevamente al molino. La pulpa es devuelta así al molino, hasta que queda convertida en lodos, esto hasta que en el cono de clasificación todo sobrenada. Esas operaciones se llaman "*Sistema del circuito cerrado*".
3. - Los lodos así producidos pasan a tinajas de sedimentación o a máquinas espesadoras a fin de quitarles el exceso de agua que contengan.
4. - Se transfieren luego a los *agitadores*, donde son agitados con solución de cianuro, bien mecánicamente, bien mediante aire comprimido. Los principales tipos de estos agitadores, se verán más adelante.

5. - Después de agitada la pulpa, se transfiere a un tanque de depósito de donde pasa a filtros de vacío o filtros prensa. Las soluciones pasan a clarificadores o a tinas-filtros, y el mineral ya estéril va a los *vaciaderos*.
6. - Las soluciones limpias pasan de los clarificadores a la planta de precipitación. En algunas plantas donde no hay instalación de molino de bolas, se procede así:
  1. - Triturar el mineral, como arriba.
  2. - Moler a 20 ó 40 mallas.
  3. - Clasificar la pulpa en conos de diafragma; los lodos se envían al tratamiento de lodos y las arenas al de arenas.

**Las tinas o tanques de cianuración.** - Son circulares y están construídos de madera o de acero blando. Las de madera se construyen con tablones de 3 ó más pulgadas de espesor en las paredes y de 3 de espesor en la base, unidos entre sí con abrazaderas de hierro redondo. El interior se alisa muy bien y se recubre con una capa de parafina o con una mezcla de asfalto y de betún.

Los de metal se construyen con placas de  $3/16$  a  $5/16$  de pulgada de espesor, simplemente ribeteadas, y con ángulos de hierro en el borde y en la base. (Figs. 7 y 8).



VISTA DE UN TANQUE DE LIXIVACION DE MADERA

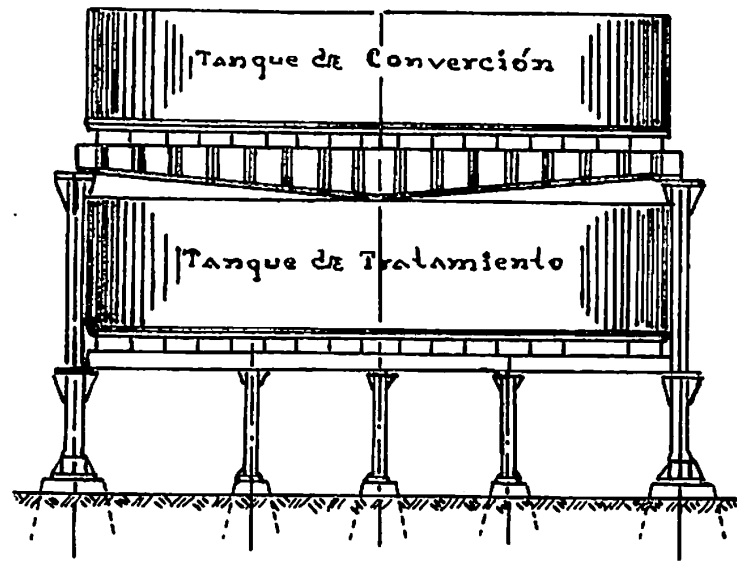
Fig. 7

La capacidad de los tanques varía con la calidad y con la cantidad del mineral o de las colas que van a ser tratadas.

Un tanque de 25 x 6 pies percola 135 toneladas de mineral.

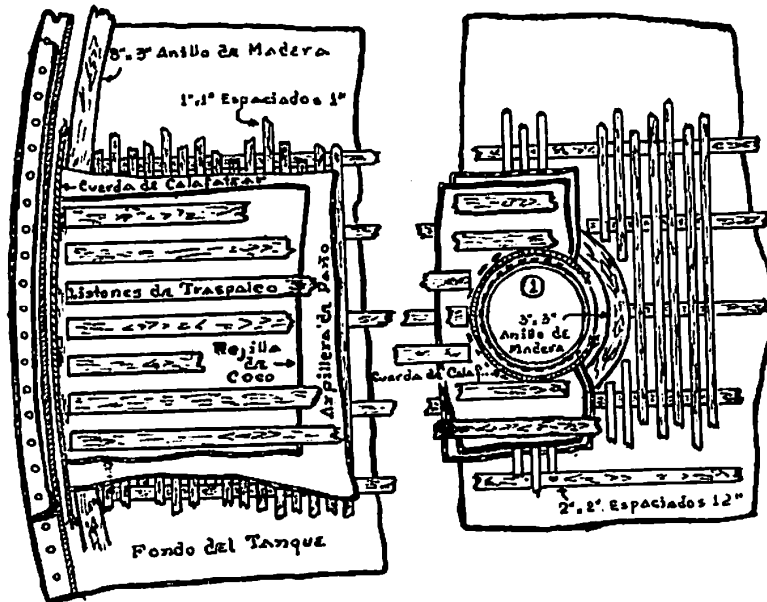
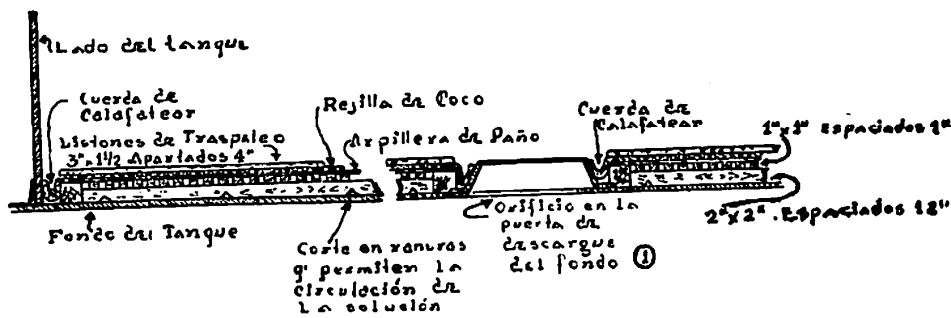
Uno de 40 x 10 pies percola 400 toneladas.

Uno de 50 x 6 pies percola 500 toneladas.



8 TANQUES DE LIXIVIACION DEL CIANURO

Fig. 8



9 CONSTRUCCION DEL FILTRO DEL FONDO EN TANQUES DE ARENA

Fig. 9

La profundidad es determinada por el carácter del mineral. Para mineral molino en seco se emplea un límite de 4 pies, en tanto que para colas libres de lodos la profundidad sube de 8 a 10 y hasta 12 pies. Se instalan bombas de aire y de agua, en un receptor construido usualmente de lámina de acero, para apresurar la percolación y airear la carga.

El fondo y el filtro de un tanque de percolación se muestra en la Fig. 9. El filtro es construido de la siguiente manera: se fija a la base del tanque un anillo de madera de 3 pulgadas, más o menos, de altura y de 2 ó 3 pulgadas de espesor; entre el anillo y la pared del tanque debe haber 1.5 pulgadas de distancia.

Entre el anillo se construye una especie de enrejado con tablillas de sección conveniente para el manipuleo, soportado en cuadros, los cuales tienen aperturas suficientes para que el filtrado corra libremente a través de ellos. Sobre este enrejado se coloca un esterado de yute o de cañamazo y sobre éste, una tela de fibra de coco. El todo se une firmemente presionando hacia abajo la tela mediante una cuerda tensa entre el anillo y la pared del tanque. Sobre la tela se coloca otra armazón de tablillas con el objeto de proteger los paños de filtro, mientras se vacía el mineral en el tanque.

En los tanques metálicos el anillo es, de ordinario, también de acero remachado al tanque.

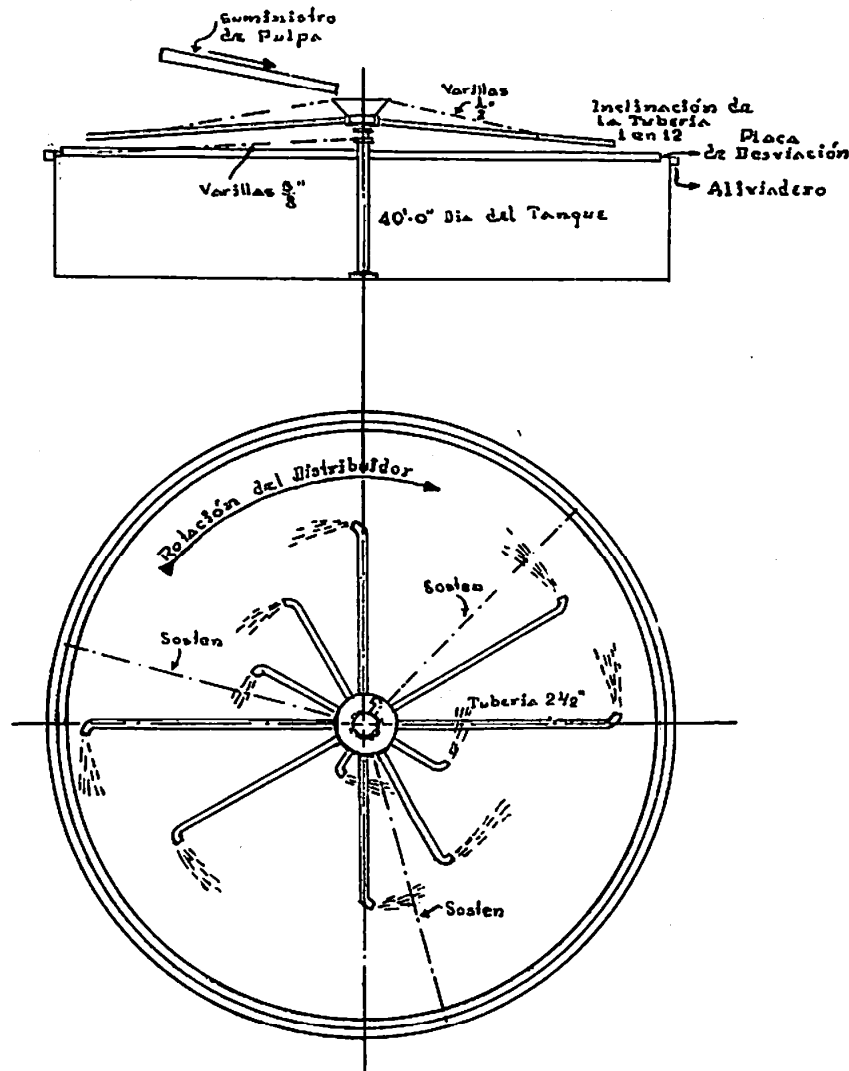
Las soluciones salen del tanque por un tubo de hierro que entra a éste por debajo del filtro. Los tubos y las llaves deben ser de hierro, porque los de bronce o los de latón, rápidamente son corroídos.

Las puertas de descarga están situadas en el fondo del tanque y se construyen de acero estampado. Los tanques pequeños no tienen sino una puerta en el centro; en los grandes hay varias; uno de 40 pies de diámetro tiene siete. El mineral estéril se descarga en carros, o carretones; la descarga se hace arrastrando el mineral hacia las puertas con palas o por medio de un chorro de agua; cuando es posible, se instalan para el transporte del mineral a los vaciadores, bandas sin fin.

**Las tinas colectoras.** - El objeto de las tinas colectoras es reunir las arenas, y al mismo tiempo, separar de ellas los lodos, en cuanto sea posible. Esta separación es, de ordinario muy imperfecta y la percolación, con todo, presenta dificultades. La tina colectora que muestra la Fig. 10, es un tanque de percolación ordinario, con filtro al fondo, pero acondicionado con un canalón periferal, muy junto al borde, a donde caen continuamente los lodos que sobrenadan en el tanque; por su lado las arenas se sedimentan en el tanque.

El tanque se llena primeramente de agua; luego va echándose poco a poco el mineral, mediante el distribuidor Butters, hasta que éste se lle-

na. Cuando está lleno se drena el agua y las arenas se percolan con cianuro en el mismo tanque, por los sistemas ordinarios o se percolan en otro tanque, colocado generalmente contiguo y en un plano inferior. Los lodos van a la planta de lodos.



10. TANQUE COLECTOR DE ARENA  
DE BUTTERS Y MEIN.

Fig. 10

En algunas plantas las arenas de la tina colectora se tratan ahí mismo con la solución de cianuro; se drenan luego y por último se transfieren a otro tanque de percolación, en donde se completa el tratamiento. En la tina colectora se usa siempre una solución más diluida, que en el tanque de percolación propiamente dicho. Este método se llama "doble tratamiento". La transfusión de la carga de uno a otro tanque es muy benéfica porque la carga se revuelve muy bien y se airea.

El distribuidor Butters se muestra en la Fig. 10. Consiste en una tolva central en forma de embudo con varios tubos de descarga radiales, de longitudes desiguales y con las puntas dobladas. La pulpa, al ser vertida mediante este aparato, origina movimientos de rotación y queda uniformemente repartida en el tanque.

Es bueno llamar la atención al hecho de que el "Doble tratamiento" va siendo eliminado por el empleo de clasificadores de conos de diafragma y filtros de arena.

## TRATAMIENTO DE LAS ARENAS USANDO FILTRO DE CUBA DE ARENA

La pulpa de los molinos se trata primeramente por doble clasificación en los clasificadores de conos de diafragma, con el objeto de separar lodos y arenas, pues es importante para que el filtro trabaje eficientemente, que las arenas lleven la menor cantidad de lodos posible. El sobreflujo de los dos conos primarios, se lleva a un cono secundario, en donde los pocos lodos presentes se separan de las arenas totalmente; los lodos pasan a la planta de lodos.

La Fig. 11, nos muestra una planta con este procedimiento. Las arenas se llevan del filtro a las tinas colectoras, sea por medio de bandas sin fin o mediante bombas; en este último caso, las arenas se diluyen en solución de cianuro. Este último procedimiento es mucho más eficiente, debido al aireamiento a que se somete el mineral en la solución de cianuro. Alrededor del 60% del oro es extraído en las tinas colectoras y el resto de la extracción total (de 82 a 84) en las tinas de cianuración propiamente dichas.

Si el tratamiento de cianuración se termina en las tinas colectoras, se requieren hasta nueve días para obtener una extracción satisfactoria. El mismo resultado se obtiene, si la carga se percola en seco en las tinas colectoras y se transfiere luego a tanques de cianuración. Para completar el tratamiento, el tiempo empleado es apenas alrededor de 6 días.

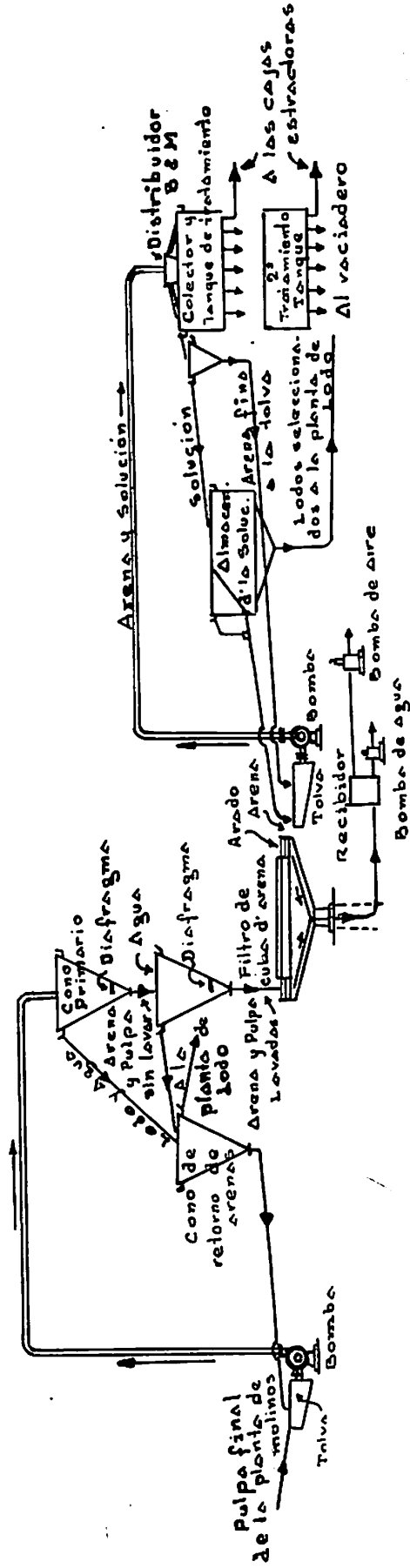
La operación con doble tratamiento se lleva a efecto, así:

Las arenas caen del filtro de cuba, a canales que contienen solución de KCN de fuera de 0.025% y por estos canales van a la bomba.

Antes de que las arenas sean bombeadas a las tinas colectoras, éstas se llenan con solución de cianuro de la misma concentración.

El canal periferal que recibe el sobreflujo de las tinas, está provisto de dos tubos arreglados de tal modo que, cualquier porción de arenas que se haya escapado de las tinas, vaya por uno de ellos al filtro cuba; y la solución, que contendrá sólo un poco de lodos, vaya al tanque de depósito para su sedimentación y luego a la planta de tratamiento de lodos.





Filtro de Arena con Conos Superpuestos.

Fig. 11

Después de que la llenada de la tina se ha ejecutado durante 2 ó 3 horas, la solución, que debe contener de 5 a 8 gramos de oro, puede dejarse pasar abriendo el grifo del fondo de la tina a las cajas de zinc.

Cuando la tina está llena de arena, se bombea más solución de los tanques de depósito; la concentración se aumenta disolviendo el cianuro necesario. En este punto se agregan el acetato de plomo y, cuando es necesario, la cal.

La carga es luego percolada a seco y se lleva a los tanques de cianuración donde el tratamiento continúa de la manera usual. Se trata entonces con 15% de su peso, en solución concentrada de cianuro ( al 0.12%). Se deja percolar luego hasta sequedad y se agrega nueva solución al 0.05% de KCN. Este tratamiento con solución débil se realiza varias veces hasta que se haya extraído todo el oro posible. A fin de que los últimos filtrados no lleven más de 0,1 gr. de oro por ton. La relación de solución a mineral debe estar alrededor de 1,6 a 1,0.

#### TRATAMIENTO DE LAS ARENAS CUANDO SOLO SE EMPLEAN CONOS CLASIFICADORES Y LAS ARENAS SE VIERTEN DIRECTAMENTE EN LAS TINAS COLECTORAS

Una planta ordinaria consta de una o varias series de tanques cuyo tamaño varía entre 8 y 16 metros de diámetro y entre 2 y 3 metros de profundidad, y cuyo número varía con la cantidad de mineral que se beneficia.

La Fig. 12, muestra una planta tipo, empleada comúnmente. En ella puede observarse que el sistema de clasificación en conos, es más completo que cuando se usan filtros de cuba.

Hay, conforme se ve en la figura, tres series de conos que se llaman primarios, secundarios y de regreso. El sobreflujo de las dos primeras series pasa a la tercera; el sobreflujo de ésta pasa a la planta de lodos, y el subflujo, al elevador de arenas. El subflujo de los conos primarios va a los conos secundarios y el subflujo de éstos va al elevador de arenas.

El elevador de arenas es una bomba centrífuga, por medio de la cual, las arenas se bombean a los distribuidores Butters que alimentan las tinas colectoras; las tinas se llenan primeramente de agua.

Cada tina colectora está provista de un canal anular, como de ordinario, para recibir el sobreflujo de lodos y agua, que de ahí va a la planta de lodos.

Cuando una tina está llena de arenas, el agua se filtra totalmente y sale por la boca de escape que está bajo el filtro. Si esta filtración no se

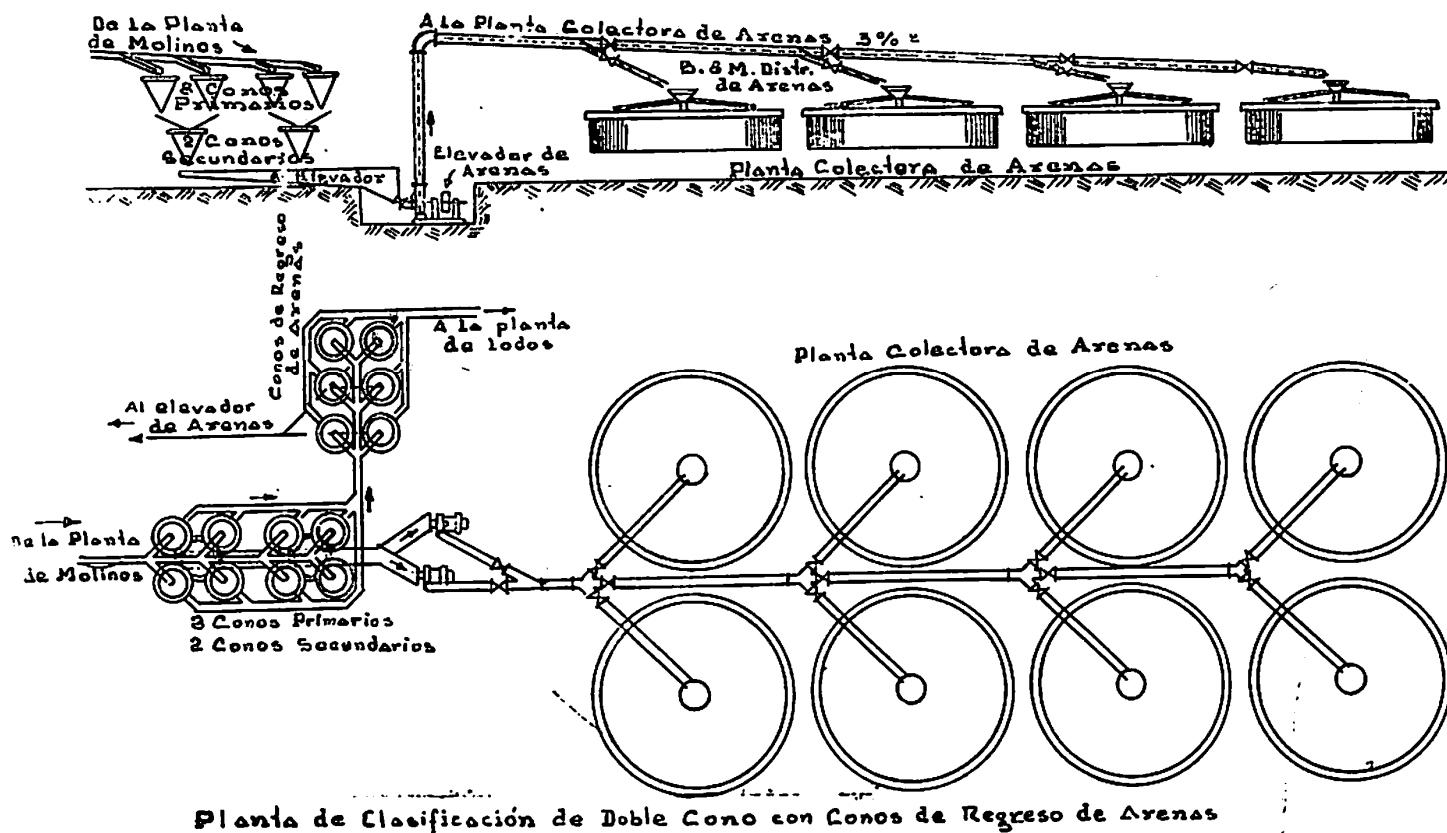


Fig. 12

realiza fácilmente, puede acelerarse mediante el empleo de bombas de agua y de vacío.

Tan pronto como la carga se ha percolado a sequedad, se rocía, de ordinario, con solución de acetato de plomo y luego se lleva a los tanques de cianuración.

Varios dispositivos se han ideado para realizar el transporte del mineral. Lo mejor, es instalar las tinajas colectoras, sobre los tanques de cianuración.

Cuando las tinajas colectoras y los tanques de cianuración están en un mismo plano, o cuando éstos están en un plano superior, habrá necesidad de vaciar la carga en carretones o en bandas sin fin y elevarla así, al nivel de los tanques, lo cual requiere un trabajo costoso.

Los tanques de cianuración tienen siempre una profundidad mayor que la de las tinajas colectoras, pero esa profundidad no debe pasar de 3,5 metros.

Cuando, como es de uso en la práctica moderna, se ha agregado cal al mineral en los molinos, no es necesario hacerlo en este punto del tratamiento.

No son necesarios, por consiguiente, los lavados preliminares con soluciones alcalinas, y la solución concentrada de cianuro puede ser añadida apenas la carga está nivelada.

De ordinario, es suficiente que la solución tenga una concentración del 0.12% de KCN y que esté en una relación de 25 a 30% de la carga.

Según J. E. Thomas, se debe bombear suficiente solución al tanque, para que la carga se cubra hasta unos 30 cmts. de altura, más o menos, y apenas esta cantidad se percole, debe agregarse más solución, hasta completar la cantidad requerida. La solución de cianuro de oro, va directamente a las cajas de precipitación.

Cuando se ha cumplido la primera fase de la cianuración se drena la carga hasta sequedad; entonces se trata con la solución débil de cianuro. El drenaje a seco puede activarse mediante bombas de agua y de aire. Cuando se ha dado al mineral aireación conveniente, se cubre la carga con la solución diluída (0.02 a 0.03%). El tratamiento continúa conforme quedó descrito atrás.

**Lodo.** - El término lodo, o más común *lodos*, no ha sido definido aún satisfactoriamente. Según una definición, lodos es aquella porción de mineral molido que, por estar finamente dividida y por contener sustancias coloidales, se sedimenta muy tardíamente y no puede lixiviarse sin sobrepresión. Mas, en la práctica generalmente se entiende por lodos aquella porción de mineral en tal estado de división que pasaría por malla 200.

Es precisamente el tratamiento de los lodos, lo que más ha embargado la atención de los metalurgistas y a ello, se deben los adelantos modernos en la cianuración.

Los nuevos métodos de cianuración emplean agitación y filtración de la pulpa y para el efecto, varios diseños de plantas y de aparatos se han ideado, tendientes todos, como es natural, a conseguir la mayor eficiencia con el menor gasto posible de energía.

El tratamiento de los lodos por decantación ordinaria sólo merece una descripción breve.

**El proceso de decantación.** - Es muy importante que las arenas se separen cuanto sea posible de los lodos, porque el tratamiento especial dado a los lodos, se lleva un tiempo tan corto, que no alcanzaría a disolver las partículas de oro que contienen las arenas. Además, la vida de las bombas empleados para el movimiento de lodos, se acorta demasiado por la acción abrasiva de las arenas. Esta separación se efectúa, en la práctica moderna, por medio de los conos de *diafragma* ya descritos. (Fig. 13). Las arenas vuelven del cono a la planta de arenas.

El flujo de lodos de los conos, recibe una adición de cal antes de entrar al colector. Hay varios métodos para añadir la cal; uno de los me-

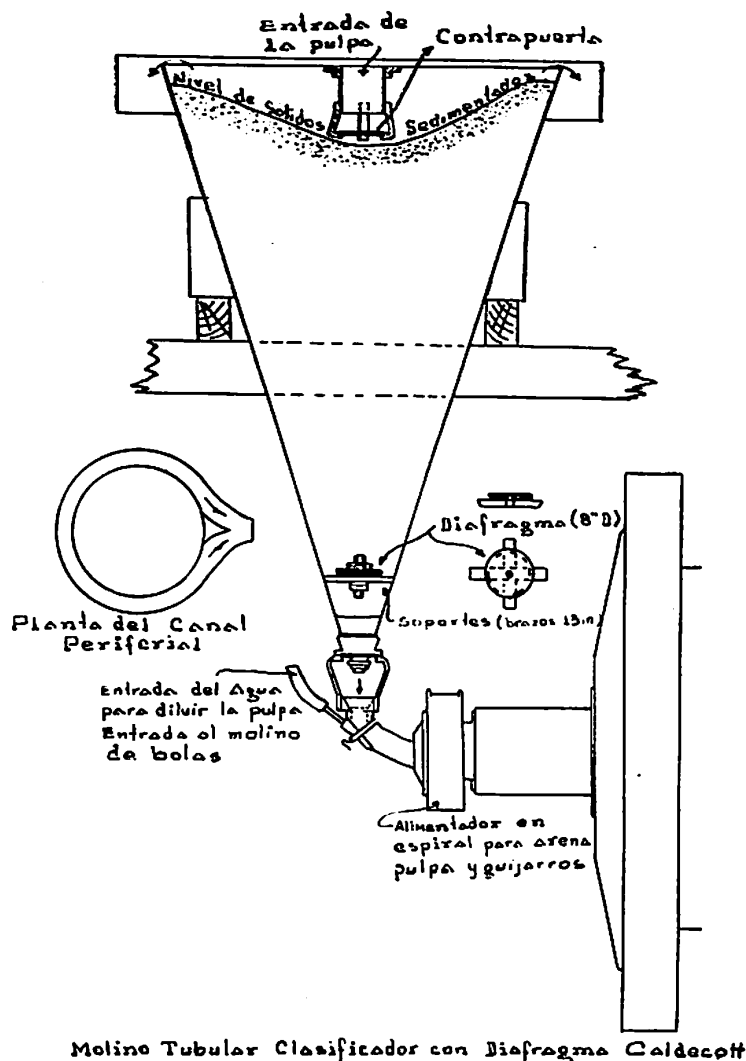


Fig. 13

jores es emplear una batea amalgamadora dentro de la cual se echa la cal de tiempo en tiempo a medida que sea necesario. Se saca en forma de chorro fino de lechada, que se une directamente al flujo de lodos. La cantidad de cal añadida varía considerablemente.

El colector es un tanque con fondo cónico que en las grandes plantas tiene, hasta 16 mts. de diámetro. Está provisto de un canal, que en forma de anillo, le da la vuelta y sirve para recibir y desalojar el sobreflujo de agua clara.

El flujo de lodos-pulpa llega al centro del colector por un tubo de descarga durante el tiempo necesario para llenarse y para que los lodos se sedimenten y el agua clara sobrenade. Debe controlarse la entrada de la pulpa, de modo que la sedimentación se efectúa antes de que el tanque se llene.

Cuando el colector ha recibido toda su carga, el agua que sobrenada es extraída por un decantador. Este decantador es un tubo que

atraviesa la pared del tanque. Dentro del tanque, el tubo está dotado de una charnela que le permite mantener la entrada del líquido precisamente bajo la superficie libre. Luego que el agua limpia ha sido removida, los lodos sedimentados se dejan salir ya mezclados por solución de cianuro a una bomba, por medio de la cual son transferidos a otro tanque, "tanque de primer tratamiento". La descarga de la bomba se hace llegar tangencialmente a este segundo tanque, a fin de causar en la pulpa un movimiento de rotación y de mantenerla en suspensión.

En este tanque, la pulpa se pone en circulación por medio de otra bomba, o se bombea el tanque colector y de nuevo se trae al tanque de primer tratamiento. El tiempo que se llevan estas operaciones es de 6 horas, más o menos.

Los lodos se sedimentan ahora; durante la sedimentación la solución clara, llamada primer baño, es extraída por el decantador, y luego pasada por un clarificador, de donde se lleva a las cajas de precipitación. La concentración de la solución de cianuro está comprendida entre 0.005 y 0.02% de KCN. Como es inevitable que un poco de cal pase con la solución decantada, y como la cal tiende a formar sobre el Zn, una capa que perturba la precipitación del Au, la solución se lleva a los clarificadores, donde se extrae la cal o se la hace pasar por filtros prensa.

Apenas el primer baño es decantado, los lodos se diluyen con solución ya tratada con Zn y se transfieren, de la manera descrita ya, a un segundo tanque de tratamiento, en donde, después de una circulación corta, se sedimenta. La solución se decanta y es llevada no a las cajas de precipitación, sino al primer tanque de sedimentación. Los lodos sedimentados, se diluyen con agua y se llevan al depósito de lodos.

## PLANTA MODERNA Y APARATOS EMPLEADOS EN EL TRATAMIENTO DE LODOS

Los aparatos más importantes son:

1. - Conos de diafragma u otros clasificadores.
2. - Molinos de bolas.
3. - Espesadores.
4. - Agitadores.
5. - Filtros neumáticos.
6. - Filtros-prensa.
7. - Tanques de clarificación (clarificadores).
8. - Planta de precipitación.

1 y 2. - *Los Conos de diafragma, los Clasificadores Dorr y los Molinos de Bolas*, ya fueron descritos en el beneficio de minerales.

La pulpa del molino de pisones pasará por tamices de 9 mallas, es decir, el tamaño de las partículas estará por debajo de 0,27 pulgadas; por consiguiente, es necesario, antes de llevarla al molino tubular, hacerla pasar por uno o por varios clasificadores, con el objeto de separar las partes gruesas, de aquellas que ya están bastante finas y también para separar el exceso de agua y llevar la pulpa al molino tubular con la humedad adecuada.

3. - **Espesadores.** - Antes de tratar los lodos en los agitadores, es necesario quitarles el agua sobrante, es decir, *espesarlos*, de modo que la proporción, solución a lodos, sea como 1 a 1; como  $1\frac{1}{2}$  a 1, o como 2 a 1.

Para este fin se emplean aparatos especiales, uno de los cuales es el **Espesador Continuo "Dorr"** (*Fig. 14*), de uso muy generalizado.

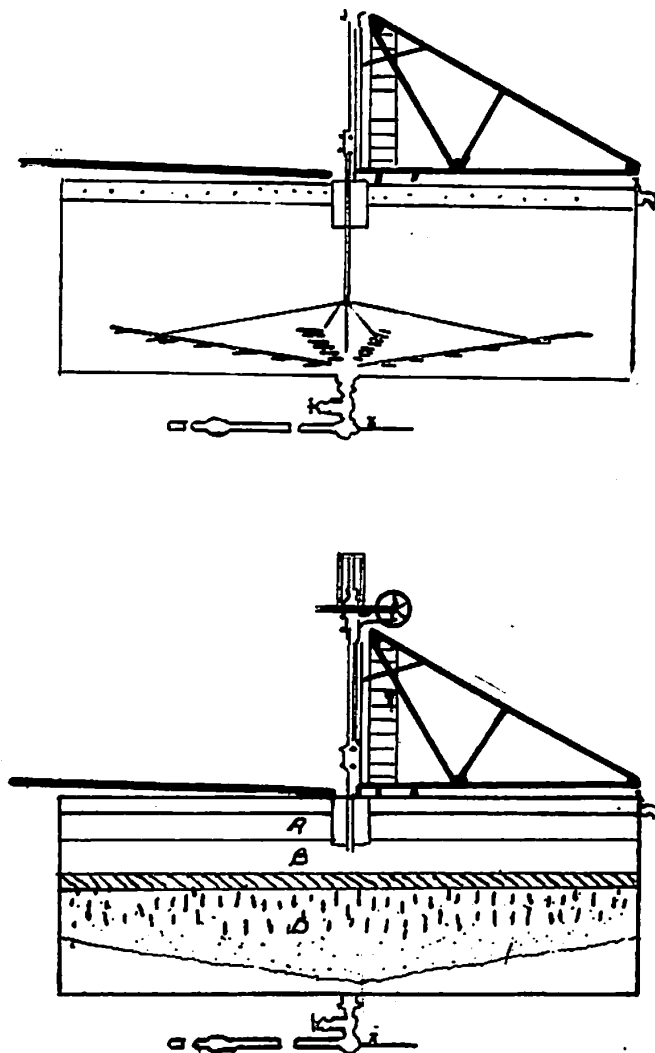


FIG 14 ESPESADOR DORR CONTINUO



Consiste este espesador en un tanque de diámetro comprendido entre 8 y 10 mts. y de altura entre 3 y 4 mts., dentro del cual gira lentamente un eje vertical dotado de cuatro brazos, que llegan casi hasta el fondo del tanque.

Unidos a los brazos hay ángulos de hierro colocados en forma tal, que mueven la pulpa sedimentada hacia el centro de la base, de donde se descarga mediante un tubo. La pulpa fina corre hacia el centro del tanque, bastante debajo de la superficie, en tanto que el líquido claro sobrenada continuamente hacia la periferia. Tiene esta máquina la particularidad de que, si el espesamiento es continuo, la pulpa baja, de la relación 10 de agua por 1 de lodos, a la relación  $1\frac{1}{2}$  de agua por 1 de lodos, en tanto que trabajando intermitentemente se obtiene una relación 1 a 1.

4. - **Agitadores.** - La agitación de los lodos espesados fue, anteriormente, realizada en tanques de fondo plano o cónico por medio de bombas centrífugas, de cuchillas, actuadas por un propulsor de hélice o por agitadores de paletas. En donde se usaron centrífugas, la carga se levantaba desde el fondo del tanque y se descargaba arriba de la superficie.

En las plantas modernas se emplea uno cualquiera de los tipos de agitador que se enumeran a continuación:

Agitador Brown o Tanque Pachuca.

Tanque Parral.

Tanque Trent

Agitador Dorr

Agitador Just.

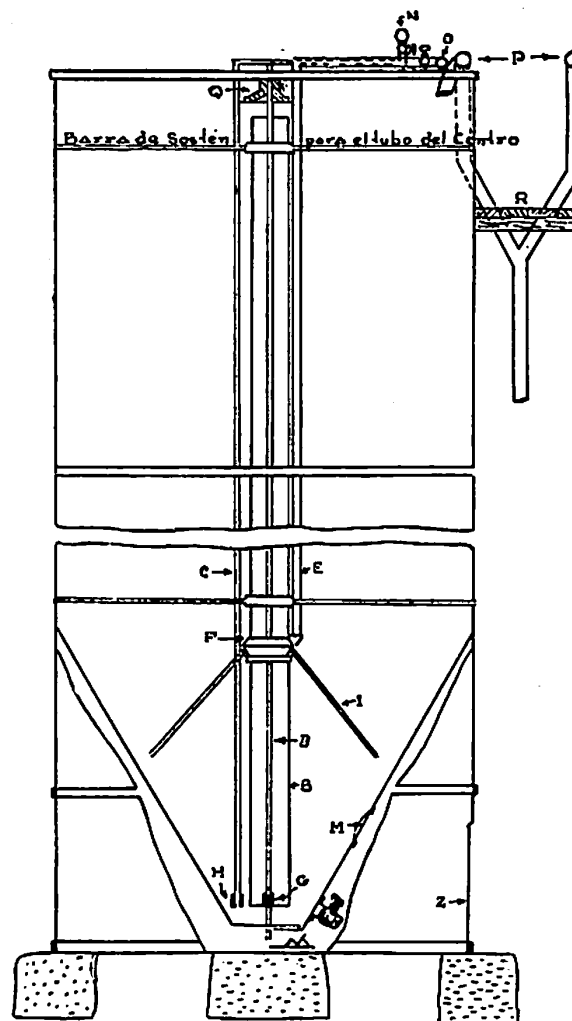
**Tanque Brown o Tanque Pachuca.** - En este tipo de agitador, la agitación se efectúa disminuyendo la gravedad específica de una columna central de pulpa, por la introducción de aire a una presión justamente superior, a la de la columna de pulpa, en el punto de introducción.

**B**, es el tubo central por donde pasa el tubo interior por el cual se fuerza el aire. Este tubo está dotado en su extremidad inferior de una válvula de caucho.

En la Fig. 15, se muestra una sección vertical de un tanque Pachuca. Consiste en un gran cilindro, de mucho más altura que diámetro.

El aire, burbujeando por **B**, lleva consigo, hacia arriba, la pulpa. Para poner la pulpa en movimiento durante la llenada o la vaciada del tanque, se emplea un tubo conductor de aire **C** dotado también con válvula de caucho. El tubo **E** se usa para abastecer la solución, agua o aire,

el distribuidor *F*, que se descarga por los tubos *I, I*, con el fin de prevenir apelmazamientos antes de que la agitación se inicie.



Agitador Brown.

Fig. 15

El aire se abastece a los tubos *C, D* y *E* por el tubo *O*, y el agua o la solución por el tubo *N*.

Una placa *Q*, contra la salpicadura, ajustable, se dispone cerca a la extremidad superior del tubo central.

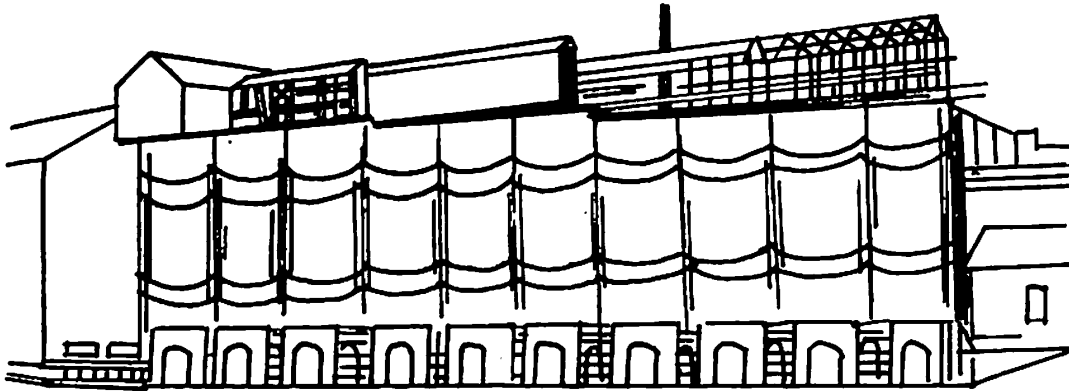
Los lodos-pulpa se introducen en el tanque por el tubo *P*. Después de la agitación se hace la descarga por el tubo *K*.

Estos tanques tienen varios tamaños; uno de uso muy común es el de 15 mts. de altura por 3 mts. de diámetro, con 100 tons. de lodos secos, de capacidad.

El método de trabajo es muy simple: Tan pronto como el tanque se llena con lodos y solución, se abre la llave del aire en el tubo *D*, el aire mezclado con la pulpa dentro del tubo central *B*, la aligera, y la hace so-

brenadar, mientras tanto llega pulpa fresca a la base del tubo central, estableciéndose así una circulación perfecta.

Si la pulpa se sedimenta o se compacta en la base, se lanza por los tubos *I,I* solución, aire, o una mezcla de ambos. Al principio la presión del aire necesaria es considerable, mas, apenas ha igualado la que ejerce la columna, y la pulpa se pone en circulación la presión necesaria se reduce considerablemente. La circulación no necesita ser violenta; sólo es necesario mantener toda la pulpa en circulación permanente; por consiguiente puede conseguirse, y así se efectúa, una regularización completa de la entrada del aire.



### Pachucas

Disposición usual de los tanques

Fig. 16

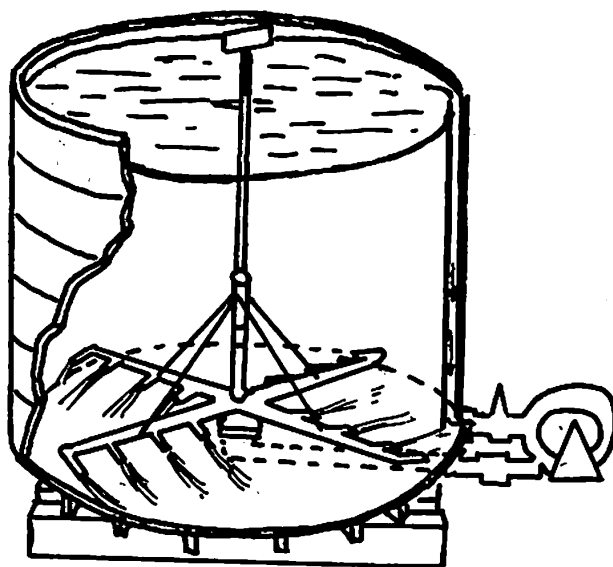
Cuando la pulpa se compacta en la base del tanque, se le pone en agitación por medio de un artefacto llamado "*Spider*", que es una pieza de fundición anular, con unos tubitos como dedos radiales, que rodea la columna central de agitación.

Cuando la carga va a ser puesta en agitación, el "*Spider*" baja hasta la parte superior del sedimento o pelmazo, por medio de un montacarga. Se fuerza el aire por los dedos y, al tiempo, se carga el tanque con el mineral para el próximo tratamiento. El "*Spider*" perfora rápidamente el sedimento y desciende a la base del tanque dejando sobre sí la pulpa en verdadera agitación, quedando así listo el camino hasta la boca del tubo central. Tan pronto como esta operación termina, el aire es admitido a través del tubo interior; el "*Spider*" se eleva, mejor dicho, se saca y la circulación normal se establece.

El tanque Pachuca ha sido adoptado prácticamente en todas las plantas modernas.

**Agitador Trent.** - El agitador Trent tiene base plana. *Fig. 17.* La circulación se efectúa por medio de una bomba centrífuga que succiona la solución de cerca a la superficie, y la descarga por intermedio de un eje central que tiene, más o menos a 45 cms. del fondo del tanque, cua-

tro brazos horizontales y en ángulo recto, por donde se escapa la solución. Los brazos son tubos, cada uno de los cuales lleva una serie de boquillas inclinadas, cierto ángulo, hacia el fondo del tanque. La bomba centrífuga está instalada fuera del tanque, pero muy junto a la pared; atrae la pulpa, como se dijo, de cerca a la superficie y la obliga a salir a través del fondo del tanque, por las boquillas de los brazos.



**Agitador Trent**

Fig. 17

La fuerza de la descarga origina un movimiento de moliente, semejante al de un distribuidor Butters. A fin de airear la carga y de ayudar a agitarla, se introduce aire a la pulpa cuando va hacia los brazos, bien sea por medio de un compresor de aire aislado, bien succionándolo en el momento en que la pulpa entra al tubo de la bomba. El uso de un agitador de esta forma, ha sido justificado como un medio para proporcionar un fondo plano, lo cual aumenta la eficiencia hasta hacerla comparable con la de un Pachuca.

El tanque Pachuca, con todo, requiere baja potencia, mientras que la bomba centrífuga del Trent, posiblemente, requiere siempre una mayor. Naturalmente la potencia, o mejor, la energía consumida por la centrífuga, se disminuye grandemente al disminuir la altura de presión.

Por este sistema se requieren 12 H" P" para una carga de 100 tons. de lodos secos.

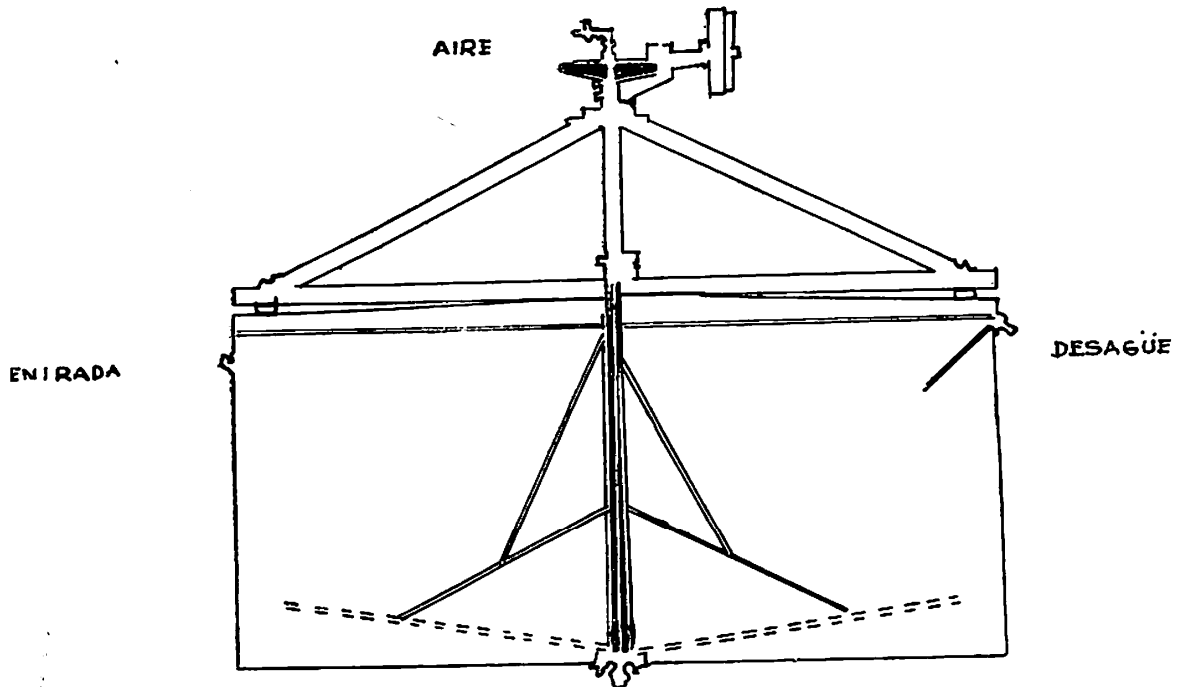
**Agitador Dorr.** - El tanque de este agitador tiene fondo plano. Sus dimensiones varían entre estos límites respectivos:

Altura 4 mts.; es invariable.

Diámetro 5 á 7 mts.

Recientemente se ha instalado un tipo de tanque de 8 mts. de altura por 14 de diámetro.

La maquinaria puede ser adaptada a cualquier fondo plano de dimensiones convenientes. *Fig. 18.*



AGITADOR DORR

Fig. 18

Consiste en un cilindro vertical central, movido por un eje sostenido en la cima del tanque, y aequipado con dos brazos que, a su vez, llevan rastrillos, los cuales, cuando los brazos que giran muy cerca del fondo, están en movimiento, impelen la pulpa hacia el centro. La pulpa se eleva por el cilindro mediante aire inyectado y se descarga en canales giratorios también. Los canales tienen huecos en toda su longitud, de modo que la pulpa se reparte uniformemente sobre la superficie de la carga. La circulación se establece hacia abajo por todo el tanque y hacia arriba, mediante la inyección de aire, por el cilindro central. La *Fig. 18* muestra el dispositivo para la entrada del aire. Los brazos que llevan los huecos de descarga, están provistos de goznes o de bisagras, de modo que cuando es necesario puede pararse y sacarse de la pulpa.

Quando la máquina entra de nuevo en acción, los brazos pueden bajarse gradualmente a medida que la pulpa entra en estado de suspensión. Esta disposición impide que los brazos se rompan. Esta máquina tiene la gran ventaja de no permitir que los sólidos se acumulen y se aprieten; el tiempo y la agitación, pueden ajustarse a las necesidades del mineral; el recorrido del aire es pequeño y la energía requerida para im-

pulsarlo es relativamente pequeña. Los brazos giran con velocidad entre 1 y 4 revoluciones por minuto, de acuerdo con la naturaleza del mineral.

Se adapta muy bien a la agitación continua y ha sido instalado en muchas plantas de cianuración importantes de América.

**Tinas de Clarificación o Clarificadores.** - Estos son unos tanques de 25 pies, más o menos, de diámetro, con una reja de filtro en el fondo, arreglada como el de los tanques de percolación de arenas. La reja se viste con una esterilla de yute y con una fibra de coco, superpuestas, sobre las cuales, se deposita una capa de arena gruesa, de 12 a 18 pulgadas de espesor. Los lodos que se depositan se palean, es decir, se sacan cada 2 ó 3 días.

El objeto de clarificar las soluciones es el de quitarles, antes de llevarlas a las plantas de precipitación, los lodos que puedan traer de los tanques de cianuración.

## TRATAMIENTO DE LOS MINERALES SULFO-TELUROSOS

Debido a la presencia del telurio en los minerales, el oro no puede extraerse por cianuración, sin tostión previa o sin previa aplicación del bromuro de cianógeno, juntamente con el cianuro de potasio.

En West, Australia, los minerales contienen del 7 al 13% de calcita; del 2 al 8% de carbonato de magnesio; del 7 al 10% de piritas de hierro, y el resto, principalmente cuarzo y silicato de aluminio; el telurio fluctúa entre 0.03 y 0.15%.

Estos minerales se cianuran después de una tostión total, por el sistema de agitación de lodos.

El beneficio puede resumirse en las siguientes operaciones: 1. - Triturar en quebrantadoras Blake, seguido de molienda en molinos de bolas.

2. - Tostión a muerte del producto, en hornos Edwards, M'Dougall u otros, para oxidar los telururos y los sulfuros, volviéndose el mineral factible de amalgamación y cianuración. El mineral tostado se lleva mediante una corriente de solución débil de cianuro al spitzkasten.

3. - En el spitzkasten, el mineral se divide en arena y lodos, las arenas van a molinos de bolas y los lodos a tanques de agitación.

4. - En el molino las arenas se muelen, y como se aplica un poco de mercurio, se recupera por amalgamación, cierta cantidad del oro. El subflujo continuo del molino es tratado nuevamente en spitzkasten y dividido de nuevo en arenas y lodos, las primeras vuelven al molino y las últimas van a los tanques de agitación.

5. - Los tanques de agitación tienen alrededor de 7 mts. de diámetro por 2 mts. de profundidad y están provistos de rastrillos movidos mediante un engranaje cónico. Se añade cianuro hasta obtener una solución de 0.1%, y se agita la pulpa durante 8 horas, más o menos.

6. - La pulpa se extrae luego y se lleva, mediante bombas, a los filtros prensa, para clarificarlas, y por último se llevan a las cajas de zinc para precipitar el oro.

La recuperación del oro por este procedimiento, se calcula entre un 90 y un 94% del oro en el mineral.

## PROCEDIMIENTO DE CIANURACION CON BROMO-CIANURO

**Primer sistema.** - El mineral pasa a los molinos después de ser triturado en quebrantadoras.

1. - El mineral es triturado en molinos de bolas con solución de cianuro de una concentración más o menos de 0.04%, alcalinizado, mediante la adición de cal; la pulpa va luego al spitzkasten directamente.

2. - El spitzkasten separa las arenas y los lodos a otro spitzkasten, en donde se dividen nuevamente en arenas y lodos; aquellas vuelven a los molinos.

3. - En los molinos se tritura el mineral sin mercurio; el producto va a mesas Wilfley.

4. - En las mesas Wilfley se obtienen concentrados, que reciben tratamiento especial. Las colas van a clarificadores, de donde la pulpa gruesa va a molinos de bolas para ser remolida y los lodos vuelven a la mesa Wilfley para nueva separación.

5. - En los molinos, la pulpa se muele del modo corriente y se envía a clasificadores; el grueso vuelve al molino, hasta la total reducción a lodos.

6. - La reunión de lodos de todos los clasificadores se espesa en un spitzkasten y va luego a las tinas de agitación.

7. - El diámetro de los tanques de agitación, está comprendido entre 6 y 8 metros y entre 2 y 3 mts. de profundidad.

La pulpa se agita con agitadores mecánicos; la solución empleada contiene 0.1% de KCN; primeramente se agita con solución durante 3 horas; luego se añade bromo-cianuro en proporción de una libra por cada onza de oro contenido en el mineral, y se continúa la agitación durante 12 horas. Más o menos 2 horas antes de concluir la agitación, se añaden 2 ó 3 libras de cal por tonelada de solución. Después de la agi-



tación, la pulpa se descarga en un agitador colocado en un nivel inferior, de donde, mediante una bomba de émbolo, se lleva a los filtros-prensa.

8. - La solución que pasa por los filtros-prensa, se lleva a otra prensa para clarificarla, y por último se lleva a las cajas de precipitación con zinc.

**Segundo sistema.** - Este sistema es usado para minerales cuarzosos que contienen calaverita asociada a piritas y como ganga, cuarzo.

Hasta hace muy poco tiempo, estos minerales se trataron por clorinación y también por tostión, seguidas de cianuración. El primer procedimiento fue totalmente abandonado y el segundo ha venido sustituyéndose por concentración y cianuración de las colas.

1. - El mineral se tritura hasta un tamaño de 2 pulgadas de diámetro en molinos giratorios.

2. - Al mineral ya triturado se le agrega cal; luego se le agrega solución de cianuro y se tritura hasta un tamaño de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, en molinos de rodillos.

3. - De los rodillos pasa a molinos chilenos, en donde se tritura hasta que pase por un tamiz de 0.046 pulgadas de abertura; esta molienda se hace también con cianuro, en proporción de  $\frac{1}{2}$  libra por tonelada.

4. - El producto del molino se envía a clasificadores, las arenas van a concentradores y los lodos al departamento de concentración de lodos. En los concentradores de arenas se produce una concentración más intensa que se remesa directamente, y un concentrado medio que es remolido y reconcentrado.

5. - Los lodos de los clasificadores se espesan en conos y se tratan en mesas concentradoras, en donde se concentran tanto cuanto sea posible.

6. - Las colas de 4, se cianuran, como se explica en 10.

7. - Las colas arenosas de 5, se tratan en clasificadores para separar los lodos, y se cargan en tanques de percolación.

8. - En estos tanques las arenas se tratan con solución de cianuro y luego salen por canalones.

9. - Los lodos de 6 y 8 después de espesados, se bombean a un tanque, donde son agitados con  $\frac{3}{4}$  de libra de cianuro, durante 6 horas, y luego con solución de BrCN durante 4 horas, en un tanque diferente.

10. - La pulpa de 8, va a un tanque de almacenamiento y de ahí a un filtro de Butters.

11. - El oro se precipita de las soluciones mediante virutas de zinc, de la manera usual, y los precipitados se remiten a las casas de fundición.

**Tratamiento de minerales de oro que contienen esquistos carbonosos, los cuales precipitan prematuramente el oro disuelto por la solución de cianuro**

Este procedimiento debe seguirse con aquellos minerales que presenten carbón en cualquiera de sus formas, pero es más común encontrar minerales cuya roca acompañante está formada de esquistos grafiticos.

Dichos minerales se cianuran casi siempre por agitación de lodos. El beneficio puede resumirse en la siguiente forma: trituración del mineral en quebrantadores de quijada, seguida de molienda en molinos de bolas. A los molinos de bolas se les alimenta una solución de cianuro a una concentración de 0.05%. Las arenas se pasan por clasificadores, en donde la parte gruesa regresa a los molinos y los lodos van a espesadores. Esta operación se repite hasta que el mineral esté convertido a lodos. Esta pulpa después de espesada, más o menos en proporción de 1 a 1, es llevada a celdas de flotación, en donde se debe flotar y sacar el carbón o grafito. Ya libres los lodos del grafito, la pulpa se lleva a tanques Pachuca, en donde se termina la cianuración por los métodos corrientes.

(Continuará).

***P. & R. y Cia. Ltda.***

**Ingenieros Electricistas**

Instalaciones Industriales  
Estudios Eléctricos  
Proyectos  
Interventorías  
Asesorías  
Redes Eléctricas  
Instalaciones Eléctricas

**SOCIOS ACTIVOS**

Abel Echeverri V.  
Alberto Piedrahíta B.  
Santiago Ramírez S.  
Víctor Mejía T.

**ASOCIADO**

S.A.I.

CAMACOL

ACIEM

Calle 50 N° 54-69 y 54-73  
Apartado Aéreo 2046  
TELEFONOS: 287-70 y 552-89