

La metalurgia en general trata del estudio de los metales y puede esta ciencia subdividirse en: Metalurgia Extractiva; que trata de los procedimientos de obtención, la Metalurgia Física, que trata del estudio de la naturaleza física o constitución atómica y la Metalurgia mecánica que estudia las propiedades mecánicas y su capacidad de conformación, en este capítulo trataremos de los procedimientos de obtención.

La capa del globo terráqueo que se extiende hasta 16 Km. de profundidad se denomina corteza terrestre y está compuesta principalmente por sílice y alúmina, siendo su composición media la siguiente.

ELEMENTO	% EN PESO	ELEMENTO	% EN PESO
Oxígeno	46.59	Cromo	0.037
Silicio	27.72	Carbono	0.032
Aluminio	8.13	Circonio	0.026
Hierro	5.01	Niquel	0.020
Calcio	3.63	Vanadio	0.017
Sodio	2.85	Cobre	0.010
Potasio	2.60	Uranio	0.008
Magnesio	2.09	Tungsteno	0.005
Titanio	0.63	Cinc	0.004
Fósforo	0.13	Plomo	0.002
Hidrógeno	0.13	Cobalto	0.001
Manganeso	0.10	Berilio	0.001
Azufre	0.052	Molibdeno	0.0006
Bario	0.050	Estaño	0.0005

Es interesante saber que de los elementos indicados en la tabla los primeros 8 representan el 96.5 % del peso de la corteza terrestre y que todos los elementos del grupo solo tres son industrialmente importantes, (aluminio, hierro, magnesio), como muchos de los metales útiles no ferrosos aparecen en porcentajes sumamente pequeños, cabe preguntarse como es posible que sea económicamente rentable la obtención de los metales puros.

En la tabla anterior se indica la composición media de la corteza terrestre, afortunadamente la distribución de los elementos dista mucho de ser uniforme, debido a la acción de diversos fenómenos naturales tales como, precipitación, cristalización, agentes meteorológicos, erosión, sedimentación y consolidación de los depósitos de minerales tienen muy a menudo la concentración suficiente para que la extracción del metal sea económicamente rentable, a estos depósitos se les denomina minas o yacimientos, de ellos se extrae la materia prima llamada mineral.

Los procesos de obtención comprende 2 fases esenciales, extracción del metal a partir del mineral del producto bruto obtenido.

La mayoría de los metales se encuentran en la naturaleza en forma de mineral, (algunos metales como el oro y la plata suelen encontrarse en estado puro) el cual está constituido, de combinaciones químicas frecuentemente complejas (mena) mezclado con rocas estériles (gangas).

Industrialmente se considera mineral a todo compuesto químico o mezcla, formado por la mena y la ganga y económicamente explotable, del cual se obtenga una aleación o un metal comercialmente puro.

#### FACTORES QUE DETERMINAN LAS POSIBILIDADES DE EXPLOTACION DE UN MINERAL

1.- RIQUEZA EN METAL UTIL.- El contenido de los minerales explotables depende esencialmente del valor del metal así un cuarzo aurífero que contiene 20 gramos de oro por tonelada se considera como un mineral rico, mientras que una roca con 30 % de hierro (10,000 veces mayor) generalmente no es explotada.

2.- CONDICIONES DE EXTRACCION.- El mineral se explota a cielo abierto o por medio de galerías excavadas en la falda del monte o lo más frecuente por pozos de mina.

3.- SITUACION GEOGRAFICA DEL YACIMIENTO.- El alejamiento mayor ó menor del lugar de producción a los centros de consumo, ocasiona gastos de transporte que pueden gravar ciertos minerales hasta el punto de hacerlos inexplorables, también es necesario tomar en cuenta la situación de las minas de hulla que proporcionan el carbón necesario para el tratamiento del mineral en general, la industria metalúrgica se instala cerca del yacimiento del mineral.

4.- NATURALEZA DE LA GANGA.- El valor del mineral puede ser modificado por la existencia de ciertos elementos en la ganga, así la presencia de magnesio aumenta el valor de los minerales de hierro -- mientras que la sílice en la bauxita es indeseable.

5.- FACTORES ECONOMICOS Y POLITICOS.- Un mineral puede ser explotado solamente durante un período de cotización elevada: actualmente el alza del precio del oro permite tratar minerales de contenido -- muy bajo.

En tiempos de guerra las fuentes extranjeras de importación pueden estar temporalmente agotadas, entonces la consideración de proceso de costo es secundario y se utilizan minerales pobres que no se explotan en tiempo normal.

Los progresos técnicos de la metalúrgica hace posible la explotación de minerales cada vez más pobres que antes eran desechados.

#### CLASIFICACION DE LOS MINERALES SEGUN SU COMPOSICION QUIMICA

- Los minerales se clasifican en 5 categorías principales:
- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1.- Metales Nativos | 4.- Oxidos o carbonatos (estos últimos pueden ser convertibles en óxidos por calcinación) |
| 2.- Sulfuros        | 5.- Cloruros.   |
| 3.- Silicatos       |   |

Entre los metales que se encuentran en forma nativa tenemos oro, cobre, plata, sin embargo estos metales también se obtienen a partir de minerales ó como producto secundario en el tratamiento de algúno otro.

Los siguientes metales se obtienen a partir de sus óxidos hierro, estaño, aluminio, cromo, tungsteno, manganeso, titanio, berilio.

Bajo la forma de sulfuros, tenemos cobre, plomo, cinc, níquel, antimonio, bismuto, cadmio y molibdeno.

Los minerales silicátados son poco conocidos de ellos se obtiene el cinc y el níquel.

De los cloruros se obtiene el magnesio y el calcio.

SECUENCIA DE OPERACIONES DE LA METALURGIA EXTRACTIVA.- Los pasos u operaciones de la metalurgia extractiva podemos considerarlos en la forma siguiente; localización del mineral, extracción del mineral concentración ó separación, extracción del metal, -- afino, aleación ó metal comercialmente puro.

EXTRACCION DEL MINERAL.- Los procedimientos principales de obtención del mineral son dos: extracción a cielo abierto y extracción subterránea en minas, la extracción a cielo abierto se realiza cuando los depósitos se encuentran en la superficie ó próximos a ella. La extracción subterránea es la normal, cuando los depósitos se encuentran formando filones o bolsas enterradas profundamente, en este caso normalmente se excava un pozo vertical próximo al filón del cual parten galerías o túneles horizontales que llegan hasta la veta, los costos de funcionamiento y mantenimiento de montacargas, sistemas de drenaje y ventilación, aumentan con la profundidad de la mina de tal modo que solo en muy contados casos encuentra justificación económica, la explotación de minas a mas de 1.5 Km. de profundidad, la extracción a cie

lo abierto presenta sobre la extracción subterránea las ventajas de un menor costo de explotación, el empleo de equipo mecánico de mayores dimensiones, producciones más grandes, mayor seguridad y mejores condiciones de trabajo.

Entre los inconvenientes de la explotación a cielo abierto, podemos citar, mayor volumen de material para remover rocas y tierra que cubre el mineral, la duración del trabajo dependiente de las condiciones atmosféricas y que la explotación no puede realizarse más allá de una profundidad moderada.

**BENEFICIO DEL MINERAL.** - El beneficio del mineral consiste en una serie de operaciones mecánicas que tienen por objeto llevar el mineral a tamaño óptimo para efectuar en los procedimientos de separación de mena y ganga o concentración.

La concentración (ó beneficio) del mineral podemos dividirla en las siguientes fases.

**TRITURACION PRIMARIA.** - Consiste en reducir el mineral de grandes trozos en un tamaño de 5 a 10 cm. a continuación los productos obtenidos se criban en un tamiz vibrante con objeto de separar aquellas partículas cuyo tamaño sea lo suficientemente fino.

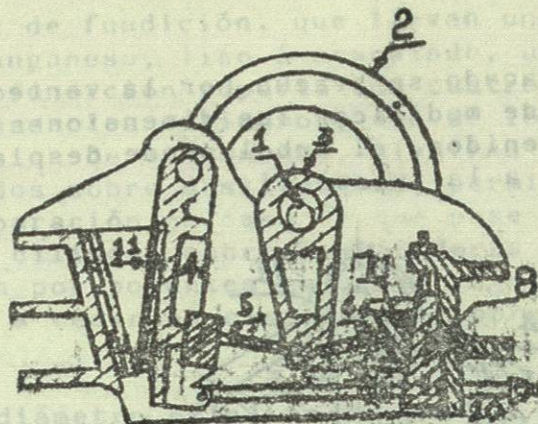
**TRITURACION SECUNDARIA.** - En ésta fase de las partículas se reduce a un valor de 6 a 9 mm.

**MOLIENDA.** - Aquí se reducen las partículas a un valor de un mm. de diámetro.

**CRIBADO.** - Se hace para clasificar las partículas de mineral según su tamaño y separar las que están listas para su separación ó concentración.

#### BENEFICIO DEL MINERAL

Machacadora de mandíbulas (tipo Blake) este aparato realiza la fragmentación del mineral por presión entre una mandíbula fija y una mandíbula móvil animada de un movimiento de vaivén, el árbol excén-

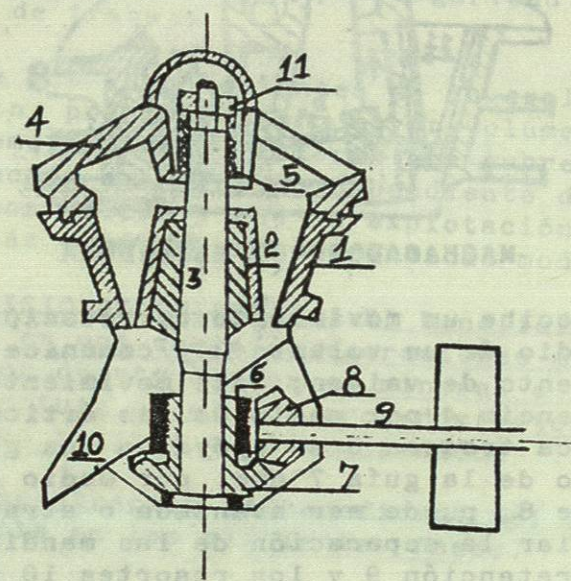


MACHACADORA DE MANDÍBULA

trico 1 recibe un movimiento de rotación regularizado por medio de un volante 2 y comunica a la biela 3 un movimiento de vaivén; este movimiento se transmite al balancín 4 por medio de las articulaciones 5 y 6, la placa trasera 6 se apoya en una garganta de acero duro de la guía 7 que, por medio de una cuña de reglaje 8, puede ser avanzada o atrasada a fin de hacer variar la separación de las mandíbulas. Una varilla de retención 9 y los resortes 10 mantienen todos los órganos en posición, las mandíbulas 11 de acero al manganeso (13% aproximadamente) son intercambiables. La velocidad de rotación es de 200 vueltas por minuto aproximadamente y la producción horaria puede alcanzar 400 ton.

Machacadora giratoria. - En la machacadora giratoria el mineral es roto por presión entre una cuba troncocónica fija 1 y un rodillo cónico 2, que se mueve en el interior del espacio limitado por la cuba. El vértice del árbol 3 muy robusto que soporta el cono, está suspendido de un estribo 4 por intermedio de un anillo de acero templado 5 que le permite girar la parte inferior del eje del árbol e introduce libremente en un muñón excéntrico 6 cuyo movimiento de rotación es mandado por los engranajes cónicos 7 y 8 y el árbol 9, por consiguiente, el eje del cono central recibe un movimiento giratorio (aprox, barre una superficie cónica cuyo eje es el de la cuba). el cono rueda apoyado sobre el lecho más ó menos regular formado por el mineral. El pro-

ducto machacado se evacúa por la vertedera inclinada 10. A fin de modificar las dimensiones de los fragmentos obtenidos, el árbol puede desplazarse en altura gracias a la tuerca II.



MACHACADORA GIRATORIA

La velocidad de rotación del árbol es de 200 a 500 vueltas por minuto, y la producción puede pasar a 2000 t/h. La machacadora giratoria está menos extendida que la machacadora de mandíbulas, sin embargo tiene una producción mayor, pero la relación de reducción de las rocas machacadas es mayor y, por otra parte, debido a la presencia del estribo las machacadoras giratorias tienen una abertura más pequeña lo que limita el tamaño de los bloques a tratar.

La machacadora cónica, variante, de la machacadora giratoria la pieza móvil 2 es un cono muy ensanchado, mientras que la pieza fija 1 tiene parcialmente la forma de una campana complementaria preponderan los efectos del choque y la relación de reducción muy elevada.

MOLINO DE CILINDROS.- Este aparato está formado esencialmente por dos cilindros del mismo diámetro que giran en sentido contrario y constituidos

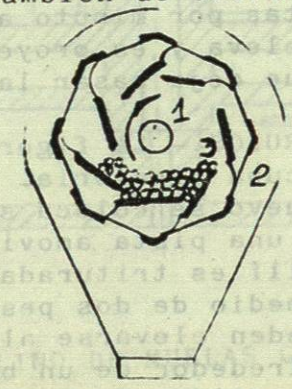
por núcleos de fundición, que llevan una banda de acero al manganeso, liso ó acanalado, una robusta bancada de fundición soporta los cuatro cojinetes de los árboles de los cilindros, dos de los cojinetes son solidarios de la bancada, mientras que los otros dos, montados sobre deslizaderas, permiten el ajuste y la separación en caso de que pase un cuerpo metálico. El cilindro sobre deslizaderas es mantenido en posición por potentes resortes fijos a la bancada destinados a ceder en caso de una sobrecarga accidental.

El diámetro exterior de los cilindros varía de 15 a 150 cm., de anchura de 30 a 60 cm. y el espesor de la banda es del orden de 10 cm., los cilindros giran a razón de 100 vueltas por minuto aproximadamente.

OTROS TIPOS DE MOLINOS.- Los modelos de molinos son muy numerosos, describiremos un aparato de cada uno de los tipos más utilizados, insistiendo sobre el modo de acción que provoca la división de la materia.

MOLINOS DE BOLAS.- Los molinos de bolas pulverizan los materiales previamente machacados, por aplastamiento mediante una carga de bolas de acero ó de sílex en movimiento en el interior de un tambor giratorio.

El aparato tipo está constituido por un tambor cilíndrico de acero 2 que comprende fuertes chapas de choque 3 también de acero.



MOLINO DE BOLAS.

El tambor lleva en el periferia un tamiz que no deja de pasar más que los granos del grosor deseado, las chapas de choque no forman una superficie continua; permiten al mineral molido pasar sobre el tamiz, y al rechazo de éste tamiz volver a venir en contacto con las bolas trituradoras. el mineral se introduce por 1 sobre el eje de rotación.

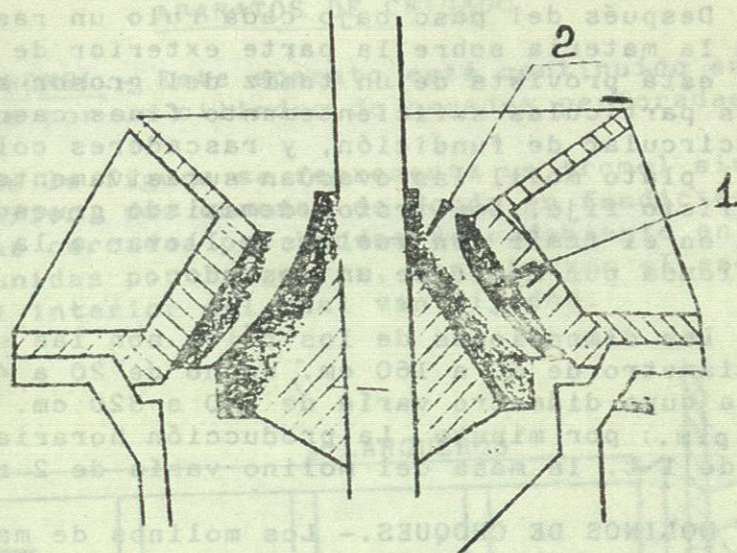
El diámetro del tambor varía de 0.6a 3 m; la anchura es aproximadamente los  $\frac{3}{4}$  del diámetro. La velocidad de rotación es aproximadamente de 50 a 100 vueltas por minuto. La masa de las bolas varía de 100 a 1000 kg. y cada bola pesa aproximadamente 1 kg la producción horaria es muy variable, según el diámetro del tambor, el mineral y el grosor del tamiz: Es del orden de 1 t/h. La molienda se hace en seco ó en presencia de agua.

El molino de barras puede ser considerado como una variante en la que las bolas son reemplazadas por barras cilíndricas cuya longitud es sensiblemente igual a la del espacio libre.

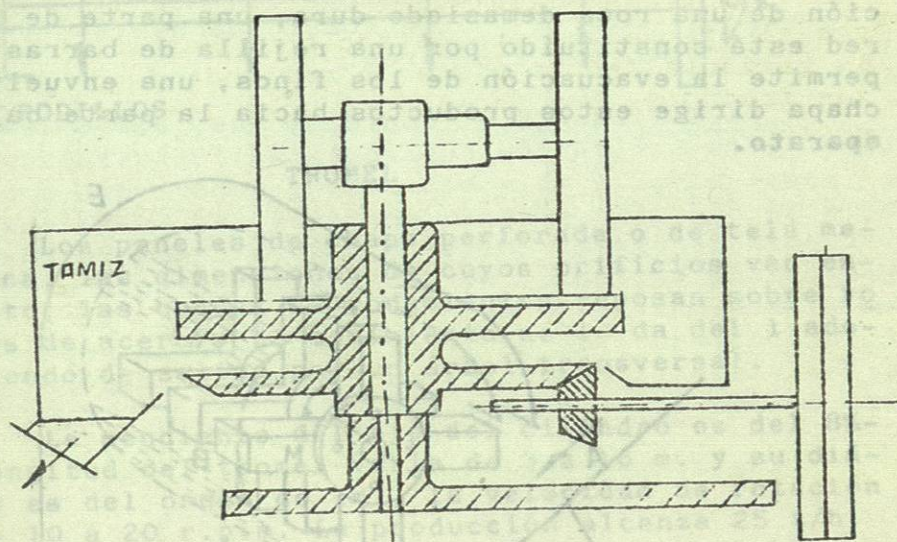
**MOLINOS CENTRIFUGOS.**— En los molinos centrifugos el mineral es proyectado por centrifugación en la garganta de una pista de molienda donde las piezas frotantes son igualmente aplicadas por centrifugación.

El molino Morel comprende esencialmente cuatro bolas gruesas B arrastradas por los cuatro brazos de una cruz perpendicular al eje de rotación y girando a 200 vueltas por minuto aproximadamente. La materia molido se eleva y es proyectada contra el tamiz circular T que deja pasar las partes finas.

**MOLINOS DE RULOS.**— La figura representa un molino de muelas de cuba giratoria. la materia a moler del tamaño de un huevo se coloca sobre un plato giratorio revestido de una pista amovible de fundición dura ó de acero; allí es triturada por aplastamiento y frotamiento por medio de dos pesados rulos fijos, pero cuyos ejes pueden elevarse al paso de cuerpos duros basculando alrededor de un brazo de manivela, los rulos están revestidos de bandas de acero al manganeso.



QUEBRANTADOR CONICO SYMONS

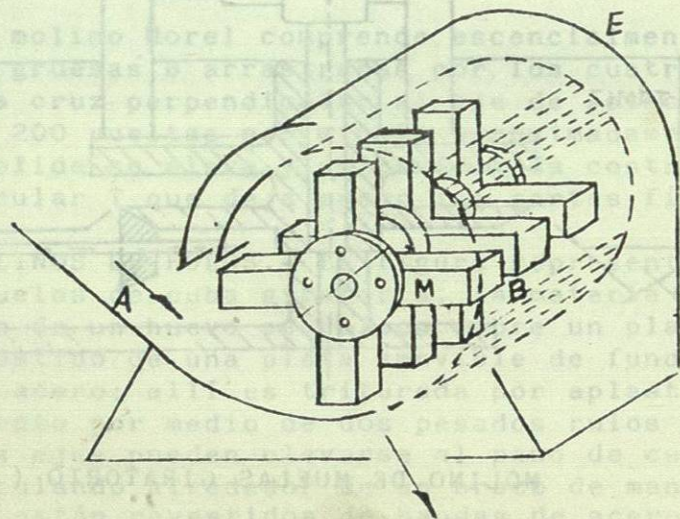


MOLINO DE MUELAS GIRATORIO ( RULOS )

Después del paso bajo cada rulo un rascador - empuja la materia sobre la parte exterior de la pista que está provista de un tamiz del grosor apropiado, las partículas suficientemente finas caen en un canal circular de fundición, y rascadores colocados bajo el plato móvil las evacúan sucesivamente hacia un orificio fijo. Los trozos demasiado gruesos que quedan en el tamiz son vueltos a llevar a la pista de molienda por medio de un rascador.

Las dimensiones de los rulos son las siguientes: diámetro de 50 a 160 cm., ancho de 20 a 45 cm. - la cuba cuyo diámetro varía de 140 a 320 cm. gira a 100 r.p.m. por minuto. La producción horaria es del orden de 1 t. la masa del molino varía de 2 a 30 t.

**MOLINOS DE CHOQUES.** - Los molinos de martillos son muy empleados para la molienda de combustibles, - están constituidos por un rotor que gira a una velocidad del orden de 1000 r.p.m. y que lleva martillos N que pulverizan el mineral introducido por A; estos martillos son móviles alrededor de su eje de fijación lo que evita su rotura en el caso de introducción de una roca demasiado dura, una parte de la pared está constituido por una rejilla de barras B que permite la evacuación de los finos, una envuelta de chapa dirige estos productos hacia la parte baja del aparato.

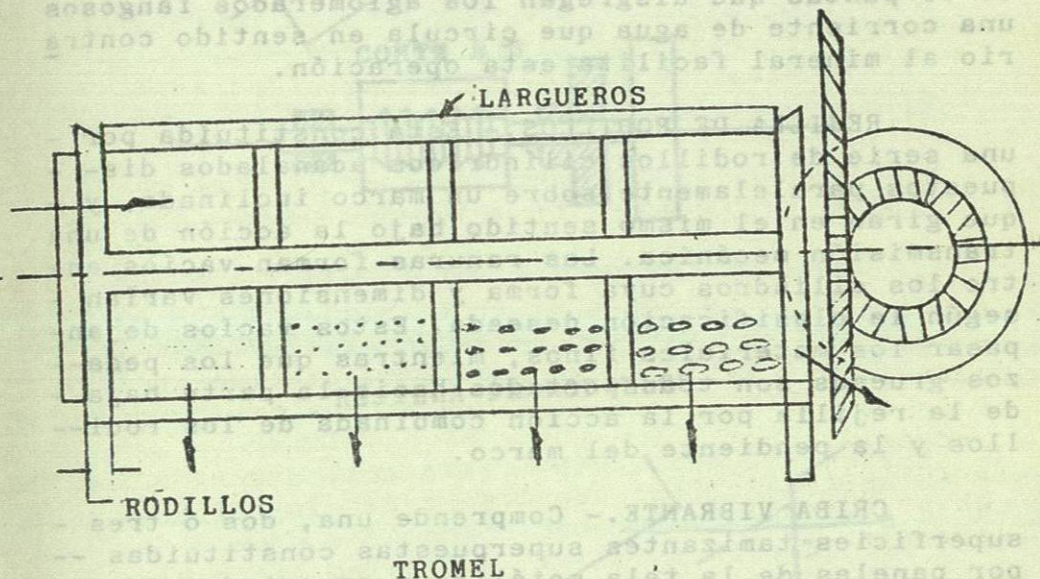


MOLINO DE MARTILLOS

## APARATOS DE CRIBADO

**TROMEL.** - Este aparato está constituido esencialmente por un cilindro de paredes perforadas.

En la figura se representa un tromel sin árbol interior, dos coronas de fondo en fundición encubiertas cercadas por bandas de rodamiento en acero y reunidas por largueros, constituyen el esqueleto es el interior del cual van fijados.



Los paneles de chapa perforada o de tela metálica, las dimensiones de cuyos orificios van en aumento, las bandas de rodamientos reposan sobre rodillos de acero y el movimiento se le da del fondo de salida por un árbol transversal.

La pendiente del eje del cilindro es del 8% - la longitud del tromel varía de 3 a 16 m. y su diámetro es del orden de 1m., la velocidad de rotación es de 10 a 20 r.p.m. La producción alcanza 25 t/h.

El tromel cilíndrico es conveniente para la clasificación de materias comprendidas entre 8 y 10 mm. para materias más finas (1 a 15 mm), se emplean

con preferencia tromeles hexagonales que dan un mejor efecto de tamizado debido a que la materia se remueve por las caídas sucesivas desde un panel sobre el otro.

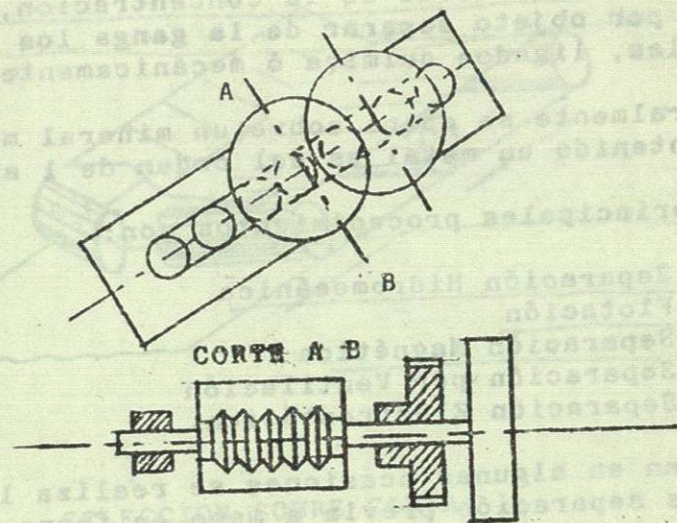
A veces, para facilitar la molienda, se riega el mineral y el producto es fangoso y más difícil de escoger, entonces se utiliza un tromel desenfangador, el primer tercio del tromel está guarnecido de puntas que disgregan los aglomerados fangosos una corriente de agua que circula en sentido contrario al mineral facilita esta operación.

**REJILLA DE RODILLOS.**— Está constituida por una serie de rodillos cilíndricos acanalados dispuestos paralelamente sobre un marco inclinado, y que giran en el mismo sentido bajo la acción de una transmisión mecánica. Las ranuras forman vacíos entre los cilindros cuya forma y dimensiones varían según la clasificación deseada. Estos vacíos dejan pasar los materiales finos, mientras que los pedazos gruesos son transportados hacia la parte baja de la rejilla por la acción combinada de los rodillos y la pendiente del marco.

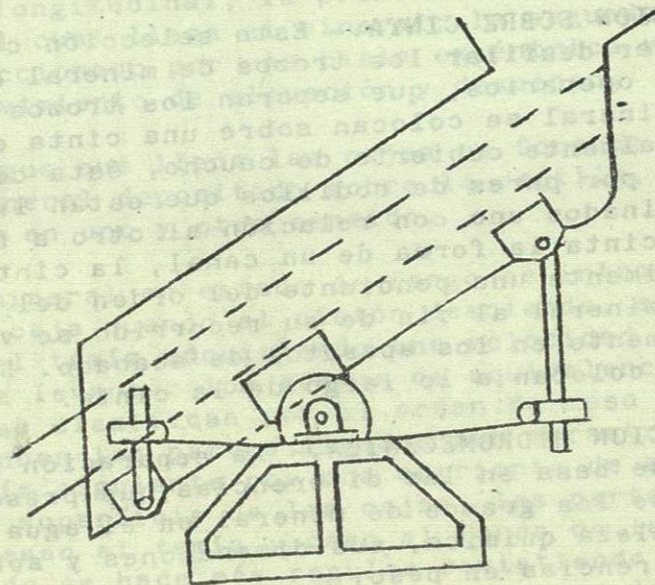
**CRIBA VIBRANTE.**— Comprende una, dos ó tres superficies tamizantes superpuestas constituidas por paneles de la tela metálica y soportadas por una armazón, ésta armazón descansa en cuatro puntos por medio de bielas unidas a los extremos de cuatro resortes de ballesta. La criba está animada de un movimiento oscilante de pequeña amplitud, pero muy rápido por medio de un árbol que comprende dos soportes excentricos provistos de rodamientos de rodillos solidarios a la armazón.

Las dimensiones de los paneles cribantes van de 0.9 x 1.8 a 1.5 x 3 mts.

Las cribas vibrantes son menos voluminosos que los tromeles y tienen una eficacia mayor para los productos finos, pero su producción es más limitada, están suplantando progresivamente a los otros aparatos.



REJILLA DE RODILLOS



CRIBA VIBRANTE