

# Aprovechamiento de yacimientos de media y pequeña potencia mediante equipos de concentración móviles integrados por módulos

BALTAR, C. R. (\*)



## RESUMEN

Se reseñan algunos condicionantes que de modo desfavorable afectan al desarrollo de explotaciones mineras en Galicia. Son descritas las características básicas de dispositivos destinados a la realización de los procesos de Clasificación Granulométrica en húmedo y seco, Preconcentración Hidrogravimétrica, Secado, Clasificación Electrostática, Separación Magnética, Concentración Neumática y Flotación Monolaminar. Estos dispositivos, diseñados como elementos independientes permiten la instalación de plantas piloto para el estudio práctico de yacimientos que posteriormente pueden ser ampliados mediante la inserción de diversos módulos en consonancia con las necesidades de la explotación. Como realización práctica se presenta un diagrama de flujo correspondiente a una planta de concentración modular y móvil en la que se integran los elementos descritos en el trabajo indicando sus condiciones específicas de funcionamiento.

## CONSIDERACIONES GENERALES

Los escasos conocimientos existentes sobre la distribución mineralógica en el subsuelo de Galicia, los deficientes estudios sobre las posibles reservas de los yacimientos conocidos y la falta de tecnificación de las explotaciones, en su mayoría artesanales, son algunos de los factores que han condicionado la falta de continuidad de las labores mineras que solamente se realizan con alguna intensidad cuando por estados anormales de mercado se incrementan de modo temporal los precios de los productos minerales.

Como consecuencia del carácter temporal y oportunista de las explotaciones, no se ha realizado tampoco ningún estudio sistemático de los elementos minoritarios, de marcado interés, que en la mayoría de los casos acompañan a los productos básicos.

La realización de un plan exhaustivo de investigación, que permitiese una valoración orientativa de yacimientos y reservas requeriría además de una fuerte inversión, disponer de una plantilla de técnicos especializados y emplear un tiempo demasiado prolongado para las actuales necesidades.

Independientemente de las explotaciones de Cobre, Zinc y Plomo, actualmente en funcionamiento es de destacar el gran interés que presenta los que en el grupo de los minerales metálicos podría clasificarse como «Complejo Gallego» similar al actualmente en explotación «Complejo Boliviano» integrado básicamente por Casiterita, Wolframita y Schelita, como elementos mayoritarios, acompañados eventualmente por Monacita, Cerica e Itrica, Circón, Rutilo, Molibdenita y Tantalio-Niobita.

Asimismo es de señalar la reserva mineralógica existente en las playas de Galicia y los fondos de las Rías, totalmente inexploradas y teniendo en cuenta que la longitud de la costa gallega representa la quinta parte de la española el estudio de esta reserva podría resultar de interés económico.

Una posible solución a estos problemas que permitiese realizar un aprovechamiento más sistematizado de nuestras reservas minerales podría ser la utilización de equipos de concentración móviles que pudiesen ser empleados inicialmente como «plantas piloto» para realizar los estudios prácticos de aprovechamiento del yacimiento y posteriormente en caso de resul-

(\*) Avda. de Finisterre, 42-2.º. La Coruña.

tados positivos incrementar la magnitud de esta planta, mediante módulos, en consonancia con las necesidades de la explotación.

Para ello los equipos de concentración deben estar integrados por la serie de módulos que correspondan a las distintas características requeridas por los componentes que integran el yacimiento.

En la Tabla-I se resumen las características físicas de los minerales más generalizados en Galicia, lo que permite determinar en cada caso cuales son los procesos más idóneos para cada yacimiento.

En el caso del «Complejo Gallego» es de resaltar que uno de sus componentes densos mayoritarios, la Schelita, prácticamente no ha sido aprovechada hasta el momento ya que por no haber sido empleada una apropiada tecnología de separación, se encuentra asociado la mayor parte de las veces a los concentrados de Casiterita, con la consiguiente devaluación de esta.

## **DISPOSITIVOS Y TECNICAS DESARROLLADOS**

Como aportación de ayuda a la posible solución de este problema se han diseñado a lo largo de más de quince años una serie de dispositivos de concentración realizados bajo forma modular y que por sus características de movilidad se acomodan a las necesidades de los yacimientos gallegos.

A continuación se reseñan estos dispositivos siguiendo el orden en que generalmente son dispuestos en las plantas de concentración.

### **Extracción, Molienda y Deslodado:**

La extensa gama de equipos convencionales, de comprobada eficacia existentes en el mercado permite seleccionar en cada caso los modelos de características más en consonancia con las necesidades de la explotación.

### **Clasificación Granulométrica:**

Según la fase del tratamiento en que esta debe ser utilizada, habrá de realizarse en húmedo o en seco.

#### *Clasificación Húmeda:*

El material deslodado, antes de ser sometido al proceso de concentración hidrogravimétrica debe ser clasificado en diversas fracciones granulométricas de acuerdo con las características densimétricas de los componentes.

En la Tabla II se reseñan las distintas fracciones granulométricas para el caso de un yacimiento en que exista un componente de baja densidad Cuarzo, otro de densidad media Tantalita, y un tercero de elevada densidad Casiterita. Según puede apreciarse mediante un cálculo sencillo es posible determinar las fracciones granulométricas requeridas para lograr elevadas recuperaciones en los procesos hidrogravimétricos en función de densidades y tamaños de los constituyentes, estableciendo los valores de equilibrio entre «ligeros» y «pesados». Cuando los valores resultantes de multiplicar las densidades por los diámetros de los granos expresado en m/m son iguales se alcanza el equilibrio y a partir de él la estratificación selectiva empieza a perder eficacia.

Tal como se indica en la Tabla II las fracciones granulométricas más idóneas en este caso serían, como se señala en la columna correspondiente a Luz de malla, las comprendidas entre (-2 +0,75) (-0,75 +0,30) (-0,30 +0,10) y (-10 a 0) estos valores son orientativos ya que con el fin de simplificar los cálculos no se ha considerado el «factor de forma», uno de los condicio-

nantes que interviene en los procesos de estratificación que afecta poco en el caso del tratamiento de aluviones debido a la mayor homogeneidad de las partículas y se encuentra más acusado cuando los materiales proceden de una molienda, ya que la forma de los granos está en relación con el «índice de fractura» de cada uno de los constituyentes.

Para realizar la correspondiente clasificación granulométrica en húmedos han sido diseñados dos dispositivos.

Una criba oscilante de accionamiento mecánico, de baja frecuencia, afectada de movimiento direccional y funcionamiento bajo agua. Con el fin de conseguir un dispositivo de poco peso y gran movilidad, la masa de contraoscilación está constituida por el agua contenida en el compartimento de clasificación, siendo sus condiciones de trabajo más indicadas las clasificaciones granulométricas de «gruesos» comprendidas entre  $-6 + 2$  m/m.

Se ha desarrollado otro modelo de clasificador granulométrico sumergido constituido por una criba de alta frecuencia y accionamiento electromagnético dotada de control electrónico que permite ajustar la frecuencia de trabajo en relación con la granulometría de cada fracción. Las características de funcionamiento más idóneas corresponden a granulometrías «finas» comprendidas entre  $-3$  y  $+0,01$  m/m. Dado el proceso de desagregación producido por las frecuencias elevadas se completa el total desenlodado de los productos lo que resulta de gran importancia en el caso de granulometrías finas.

### *Concentración Hidrogravimétrica:*

Ha sido puesto a punto un proceso de hidroconcentración densimétrica diseñando un «Jig» dotado de un sistema de autoimpulsión accionado por el flujo del líquido utilizado en el proceso. Dado que el generador de impulsos hidráulicos carece de succión y permite ajustar de modo continuo y lineal la frecuencia y amplitud de los impulsos en consonancia con las características de la pulpa de alimentación, sin interrumpir el funcionamiento, es posible obtener la máxima efectividad en cuanto al proceso de estratificación selectiva entre «ligeros» y «pesados».

Debido a disposiciones constructivas, los estériles y el líquido de impulsión son evacuados a distintos niveles y en consecuencia se obtiene una capa líquida sobre el estrato de sólidos, eliminándose el efecto perjudicial de la corriente laminar que origina el arrastre de «finos».

Normalmente este dispositivo está constituido por dos compartimentos de estratificación de accionamiento independiente y dispuestos en serie. En el primero se obtiene el mayor grado de concentración, lográndose en el segundo la máxima recuperación de densos lo que determina un elevado índice de efectividad del proceso.

La relación de concentración debe ser establecida en consonancia con el grado de eficacia del sistema, condicionado fundamentalmente por las características de los estériles que a la vez son los que determinan los valores del preconcentrado obtenido.

En general el proceso debe ser orientado a obtener productos estériles de máximo grado y como resultado de ello los preconcentrados que se produzcan. Tratados posteriormente estos preconcentrados con técnicas de características específicas a cada componente se consigue una recuperación general de mayor grado.

Siguiendo la norma de realizar elementos de gran movilidad en este dispositivo se ha establecido que la masa de estabilización esté constituida por el agua contenida en los compartimentos de estratificación.

### **Secado:**

Se utiliza un cilindro giratorio de hierro con regulación de pendiente y número de revoluciones, ajustando en cada caso el tiempo de residencia de los productos que las condiciones de tratamiento requieran.

Un generador térmico de combustible líquido suministra la temperatura necesaria al proceso. Es de resaltar la importancia que esta pueda tener atendiendo a las características de los

preconcentrados ya que en el caso de existir sulfuros incluidos, una elevada temperatura puede producir su descomposición parcial interfiriendo posteriormente los procesos de concentración magnética.

### **Clasificación Granulométrica en Seco:**

Al igual que la preconcentración hidrogravimétrica requiere un control granulométrico atendiendo a las características densimétricas de los productos los tratamientos electrostáticos y magnéticos se ven afectados por las condiciones granulométricas, en relación con las constantes dieléctricas y permeabilidades magnéticas de los materiales.

A fin de ajustar de modo preciso estas condiciones de equilibrio y equivalencia que de modo ostensible afectan a la eficacia de los procesos se han desarrollado una serie de tamices de accionamiento electromagnético direccional controlados mediante un proceso electrónico dotado de reguladores de amplitud y frecuencia.

Mediante disposiciones constructivas estos tamices se disponen en serie y teniendo en cuenta que son independientes los sistemas de accionamiento y control de las unidades es posible ajustar en cada etapa las condiciones más idóneas a las fracciones granulométricas. Dado el sistema serie utilizado en el montaje es posible obtener simultáneamente en cada operación tantas clasificaciones como elementos integran el sistema.

### **Clasificación Electroestática:**

Ha sido diseñado un dispositivo en el que se han simultaneado como elementos diferenciales los efectos de ionización y deflexión de las partículas.

Un cilindro metálico, animado de movimiento giratorio conduce sobre su superficie el conjunto granulado objeto de tratamiento siendo las partículas sometidas a los efectos ionizadores de un electrodo puntual cargado a un elevado potencial. Mediante un regulador lineal de velocidad se consigue que los componentes de alta conductividad eléctrica, y debido a la fuerza centrífuga que la rotación del cilindro les imprime, sean liberadas una vez hayan rebasado los efectos del electrodo mientras que las denominadas aislantes adheridas al tambor, por efecto de la carga eléctrica adquirida, lo acompañan en su movimiento hasta que una escobilla, convenientemente dispuesta, las desprende logrando obtener de esta forma en la parte inferior del cilindro un espectro diferencial de caída de las partículas en función de las densidades y las características eléctricas.

En la Tabla I se pone de manifiesto esta clasificación atendiendo a las denominaciones de Aislantes y Conductores.

Este dispositivo está formado por dos unidades totalmente independientes: una de ellas la constituyen la tolva de alimentación el cilindro con su regulador de velocidad y los colectores de productos clasificados. La otra unidad está formada por el generador de Alta tensión con sus correspondientes elementos de regulación e instrumentos de control; estas dos unidades se encuentran provistas de dispositivos de interconexión.

La separación electrostática presenta dos aplicaciones de marcado interés. Por una parte elimina de modo muy efectivo los elementos ligeros «aislantes» que acompañan a los preconcentrados metálicos procedentes del tratamiento hidrogravimétrico, con elevado grado de recuperación. La otra utilización consiste en la separación de Casiterita-Schelita, problema que por tratarse de dos materiales de características densimétricas y magnéticas similares queda situado dentro del proceso electrostático ya que las constantes dieléctricas de los dos productos difieren notablemente tal como se indica en la Tabla I.

Al objeto de incrementar la definición de la clasificación electrostática han sido incorporados al proceso dos elementos diferenciales. Uno de ellos basado en el cambio de conductibilidad superficial que experimentan minerales cuando son activados mediante radiaciones de longitud de onda controlada. El otro consistente en el incremento de carga eléctrica que experimentan las partículas «aislantes» cuando al campo ionizador de corriente continua se le superpone otro de alterna de determinada frecuencia.

## **Separación Magnética:**

Atendiendo al amplio espectro de permeabilidades magnéticas en que se encuentran incluídos los concentrados densos, han sido realizados dos tipos de separadores magnéticos: uno de baja intensidad para el tratamiento de materiales ferríferos y otro de alta intensidad para productos magnéticos.

### **Separador magnético de baja intensidad:**

Está integrado por un electroimán estacionario de polos alternados dotado de una envolvente giratoria no magnética. Se utiliza para eliminar las fracciones ferromagnéticas que acompañan a los concentrados densos y que producen interferencias en los procesos de alta intensidad.

La disposición de los polos alternados en el electroimán estacionario permita la obtención de separaciones más netas, toda vez que elimina las interferencias producidas por las oclusiones de estériles dentro de los concentrados magnéticos que por su alta permeabilidad y remanencia tienden a aglomerarse.

La intensidad del flujo del electroimán estacionario se ajusta mediante un convertidor estático regulable.

### **Separación Magnética de Alta Intensidad:**

Teniendo en cuenta la conveniencia de un dispositivo de elevada definición y reducidas dimensiones ha sido diseñado un proceso de separación magnética integrado por elementos independientes formados por un electroimán estacionario de elevada potencia dotado de una «culata magnética» giratoria en forma de disco, provisto de bordes aristados. En el espacio polar se dispone, de forma horizontal, una placa metálica no magnética animada de movimiento vibratorio direccional. El conjunto de partículas objeto de tratamiento debido al efecto de los impulsos que animan a la lámina son transportados por esta describiendo curvas microbalísticas, atravesando el espacio polar en estado de fluidez y régimen no estacionario.

La naturaleza metálica de la lámina elimina las interferencias originadas por los campos electrostáticos que por fricción se desarrollan en las bandas de transporte y entre partículas de distinta naturaleza en las máquinas convencionales. Así mismo el estado de fluidez en que se mantiene el conjunto granulado objeto de tratamiento impide la aglomeración de partículas lo que determina un mayor grado de efectividad del proceso. La estabilidad térmica de la placa metálica de transporte permite efectuar los tratamientos a distintas temperaturas, utilizando las variaciones del «punto Curie» como un elemento más de selección. La concepción del dispositivo integrado por elementos independientes permite disponer estos en montaje serie o paralelo atendiendo a las necesidades del tratamiento. Un convertidor estático dotado de los correspondientes elementos de regulación y control permite, dentro de un amplio margen, ajustar las características del circuito magnético a las condiciones requeridas por los materiales objeto de selección.

Cuando se efectúa el tratamiento de un conjunto granulado formado por partículas de permeabilidades magnéticas diferentes, la forma más idónea de realizar el proceso es: situando en entrada el separador magnético de baja intensidad disponer a continuación el número de unidades de alta intensidad que requieran las diversas características de los componentes.

## **Separación Neumática:**

Con el fin de poder desarrollar procesos de concentración gravimétrica en seco ha sido realizado un dispositivo neumático formado por una cámara de sección trapezoidal, cerrada en su cara superior mediante un tablero poroso y soportada por láminas flexibles.

Mediante un electroimán se imprime a la cámara un movimiento pulsatorio direccional y rítmico de amplitud y frecuencia regulables, controlado por un proceso electrónico.

Un sistema de ajuste manual permite modificar la inclinación del tablero poroso. Una turbo-soplante inyecta a través de un regulador del flujo aire al interior de la cámara, saliendo de esta a través de la porosa.

El conjunto granulado procedente de una tolva provista de dosificación se deposita en el ángulo superior del tablero poroso y al ser afectado por el movimiento direccional que anima a este se desplaza sobre su superficie en forma laminar.

Regulando el flujo de aire que atraviesa la lámina porosa se consigue un impulso ascendente que afecta en mayor grado a las partículas «ligeras» que a las «densas» en consecuencia al modificar la adherencia se consigue un movimiento selectivo de avance de tal modo que mientras las partículas «ligeras» manteniéndose en estado de suspensión se deslizan por la superficie inclinada del tablero las «densas» son afectadas por el movimiento direccional hasta situarse en el vértice inferior opuesto al de alimentación.

La frecuencia y amplitud de los impulsos, que generados por el electroimán, imprimen al tablero el movimiento direccional debe ser regulados en función de las características granulométricas y densimétricas que caracterizan el conjunto granulado objeto de tratamiento.

Este dispositivo permite la obtención de clasificaciones densimétricas de elevada definición ya que es posible modificar dentro de estrechos límites las condiciones de adherencia de los granos a la superficie del tablero y por tanto se logra un espectro muy neto de partículas con escasa diferencia de peso específico, en forma de lámina.

En el borde inferior del tablero se encuentran situados unos colectores regulables que permiten recoger de modo selectivo las distintas bandas del espectro densimétrico formado.

### **Flotación:**

Los procesos de separación densimétrica, magnética o electrostática no resultan adecuados al tratamiento de conjuntos granulados integrados por Casiterita y Sulfuros ya que sus constantes físicas no difieren lo suficiente para permitir el logro de resultados concluyentes.

Teniendo en cuenta que la aplicación de los procesos convencionales de flotación solo resultan rentables para el tratamiento de grandes masas ha sido realizado un dispositivo que mediante un sistema mono-laminar permite el tratamiento efectivo de pequeños volúmenes de material.

Está formado por un cilindro de material hidrofobo dispuesto sobre soportes con ligera inclinación horizontal animado de movimiento giratorio. La boca inferior se encuentra parcialmente obturada mediante un cono que reduce el diámetro en 2/3.

La pulpa en la que se encuentran integrados los materiales convenientemente acondicionados por los correspondientes reactivos se introduce por el vértice del cono, rebosando el líquido por la boca opuesta más elevada.

Los productos sólidos sedimentados son arrastrados formando una lámina adherida a la cara interna del cilindro en movimiento, rebasando la superficie del líquido hasta ponerse en contacto con una escobilla flexible dispuesta en el diámetro horizontal que al desprenderlos les obliga a entrar suavemente en el líquido formando una capa monolaminar.

Los Sulfuros que por efecto de los reactivos de acondicionamiento han adquirido en su superficie características aerofilas e hidrofobas forman una capa sobre la superficie del líquido acompañando a este en su desplazamiento a lo largo del tubo hasta rebosar. Las partículas no afectadas por los reactivos al no ser modificados su comportamiento superficial, se hunden, quedando en el interior del cilindro y siendo evacuadas por los correspondientes colectores.

Por sus características de funcionamiento este dispositivo permite tratar pequeños volúmenes de material, no exigiendo condiciones demasiado rigurosas de funcionamiento y lográndose resultados con elevado grado de resolución.

## CONCLUSIONES

Las tecnologías que de modo circunstancial venían siendo utilizadas en la explotación de yacimientos de Galicia no permiten, en líneas generales obtener productos de la calidad que el mercado actual solicita, ni con la rentabilidad suficiente para realizar trabajos sistemáticos no dependientes de fluctuaciones económicas.

La falta de conocimiento de los yacimientos así como la ausencia de valoración de las reservas de los ya conocidos determina el escaso interés para la realización de labores de explotación.

El empleo de plantas piloto móviles reduce los riesgos de inversión permitiendo realizar de modo económico estudios de aplicación práctica de aprovechamiento de materias primas, pudiendo ampliarse posteriormente estas instalaciones mediante el acoplamiento de módulos en consonancia con las necesidades de la explotación.

Utilizar equipos móviles de tratamiento puede ser uno de los factores determinantes en la explotación de yacimientos escasamente conocidos, toda vez que en caso de no haber reservas de demasiada importancia es posible trasladarlos a otras explotaciones con mínimo de inversión.

En el diseño de los dispositivos que se describen se ha tenido en cuenta la conveniencia de su movilidad habiendo sido realizados de forma compacta estructurándolos en bloques de fácil montaje.

En el caso de la Preconcentración Hidrogravimétrica es de resaltar la conveniencia de producir estériles de alto grado a expensas de no elevar el valor de los concentrados. Las «fugas» de densos producidas en Hidrogravimetría resultan de difícil recuperación mientras en los procesos secos, si bien suelen ser más caros de aplicación los «escapes» pueden ser controlados y corregidos de forma efectiva con la consiguiente mejora de la rentabilidad del sistema.

La utilización de técnicas de concentración neumática resulta muy indicada para el desarrollo de procesos gravimétricos en serie con elevado grado de definición.

El empleo de Flotación Monolaminar al tratamiento de pequeños volúmenes de material permite en la mayoría de los casos mejorar la calidad de los productos obtenidos debido a la posibilidad de utilizar técnicas físico-químicas como complemento de los procesos físicos de separación.

A título orientativo puede señalarse que una planta piloto para el tratamiento de materiales procedentes de aluvión con una capacidad de diez toneladas puede ser transportada en un camión de capacidad media.

## BIBLIOGRAFIA

- BALTAR, C. R. 1962. Modificaciones introducidas en los dispositivos de concentración gravimétrica, electrostática y magnética de minerales de playa. Trabajo de grado depositado en la facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Santiago de Compostela.
- BALTAR, C. R. 1966. Beneficiación de Minerales Densos en las Playas Gallegas.—Universidad de Leiden.
- BALTAR, C. R. 1969.—Dispositivo para Extracción por Disolución Hidrodinámica de las Menas.—Servicios Geológicos de Portugal.
- BALTAR, C. R. 1970. Separación magnética de Alta Intensidad en Lecho Fluidizado.—Congreso Internacional de Minería.
- BALTAR, C. R. 1970. Beneficiación de Soluciones Acuosas de Cobre por precipitación Dinámica.—Congreso Internacional de Minería.
- BALTAR, C. R. 1979. Progresos en la Separación Hidrogravimétrica Industrial de Minerales.—Jornadas Geológicas del Laboratorio de Lage.
- RAU, L. 1973. Testing of the Baltar Pulsator.—Colorado of Mines Research Institute.
- WAGNER, E. 1974. Application of the Baltar Pulsator to Coal Washing.—Colorado School of Mines Research Institute.
- MARIACHER, C. 1975. Application of the Baltar Pulsator to Neutralization of Acid-mine Water using Limestone.—Colorado School of Mines Research Institute.
- COLLINS, N. 1974. Application of Baltar Processing to Separation of Tin and Tungsten Values termo Concentrates Produced at Bolivia.—Warren Spring Laboratory.—Departament of Trade and Industry.—London.
- EULATE, E. 1977. Preconcentración en Jig con pulpas pesadas.—Universidad Boliviana técnica de Ouro. Congreso Internacional del Estño.
- VARELA, A. 1979. Purificación Magnética en Lecho Fluído de un mineral Feldespático de la comarca de Vivero (Galicia).—Instituto de Minerales de Sargadelos. Jornadas Geológicas del Laboratorio de Lage.
- BARTHELMEY, R. C. 1960. Electrical high tension mineral beneficiation Comunicacion presentada en el «I International Mineral Processing Congress», Londres.
- CARPCO FLORIDA. Magnetic Separation. Bulletin MIB 103.
- DENVER EQUIPMENT Company. 1964. Bulletin LG3-B10, p. 70, Denver.
- DORR OLIVER COMPANY. 1953. Pan American Placer Jig. Bulletin 2401.
- HUMBOLT, COLONIA. Separacion Magnetica. Bulletins W4758-3-4-7, New York.
- INGENIERIA INTERNACIONAL, 1946. Las espirales Humphrey aplicadas a la minería. Edición Española.
- PARGA PONDAL, I. y PEREZ MATEOS, J. 1954 y 1956. Los arenales costeros de Galicia. Anal. Edaf. Vegetal, 13, no. 7, 8.
1963. ROCAS Y MINERALES de interés económico del Macizo Galaico. Revista del Ministerio de Comercio: Información Comercial Española. Febrero 1963, p. 99.
- RAPID MAGNETIC Ltd. Electromagnetic Separator: Publication no. 119/R/1 Birmingham.
- RAĽSTON, O. C. 1961. Electrostatic Separation of mixed granular solids. Elsevier Publishing Cy., Amsterdam.
- REISENFELD, 1961. Tratado de química inorgánica, p. 495.
- REISENFELD, 1961. Tratado de química inorgánica, p. 495.
- SANNA MANUNTO, 1938. Preparazione meccanica dei minerali. Ed. Ulrico Moepli, Milano.
- SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE de Material Electromagnetique, Paris notice 14.
- TAGGART, A. F. 1951. Handbook of Mineral Dressing, New York.



TABLA I

Características físicas

Constantes Dielectricas

-10 Aislantes

+10 Conductores

Dens.	Perm. magnet. Fe=100			Per. mag. Fe=100		
	60-20	20-1	1-01	60-20	20-1	1-01
7			Schelita	Wolframita		Casiterita
6		Monacita				
5	Granate Epidota		Circon	Magnetita	Tantalita Ilmenita	Rutilo Pirita
4						
3	Biotita					
2			Cuarzo			

TABLA II

Equivalencias hidrogravimétricas

Valores orientativos

Luz de malla m/m	Ligeros	Medios	Densos
	Si O <sub>2</sub>	(Fe. Mn) (Nb Ta) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	Sn O <sub>2</sub>
	D=2, 6-1=1, 6	D=5, 5-1=4, 5	D=7-1=6
2,00	<u>2,00 x 1, 6=3, 2</u>	2,00 x 4, 5=9, 00	2,00 x 6=12,0
1,75	1,75 x 1, 6=2, 8	1,75 x 4, 5=7, 87	1,75 x 6=10,5
1,50	1,50 x 1, 6=2, 4	1,50 x 4, 5=6, 75	1,50 x 6=9,0
1,25	1,25 x 1, 6=2, 0	1,25 x 4, 5=5, 62	1,25 x 6=7,5
1,00	1,00 x 1, 6=1, 6	1,00 x 4, 5=4, 50	1,00 x 6=6,0
<u>0,75</u>	<u>0,75 x 1, 6=1, 2</u>	<u>0,75 x 4, 5=3, 40</u>	<u>0,75 x 6=4,5</u>
0,60	0,60 x 1, 6=0, 96	0,60 x 4, 5=2, 70	0,60 x 6=3,6
0,30	<u>0,30 x 1, 6=0, 42</u>	<u>0,30 x 4, 5=1, 35</u>	<u>0,30 x 6=1,8</u>
0,20	0,20 x 1, 6=0, 32	0,20 x 4, 5=0, 90	0,20 x 6=1,2
0,15	0,15 x 1, 6=0, 24	0,15 x 4, 5=0, 77	0,15 x 6=0,9
<u>0,10</u>	0,10 x 1, 6=0, 16	<u>0,10 x 4, 5=0, 45</u>	<u>0,10 x 6=0,6</u>
0,07	0,07 x 1, 6=0, 11	0,07 x 4, 5=0, 31	0,07 x 6=0,42

PLANTA DE CONCENTRACION MOVIL Y MODULAR

DIAGRAMA DE FLUJO

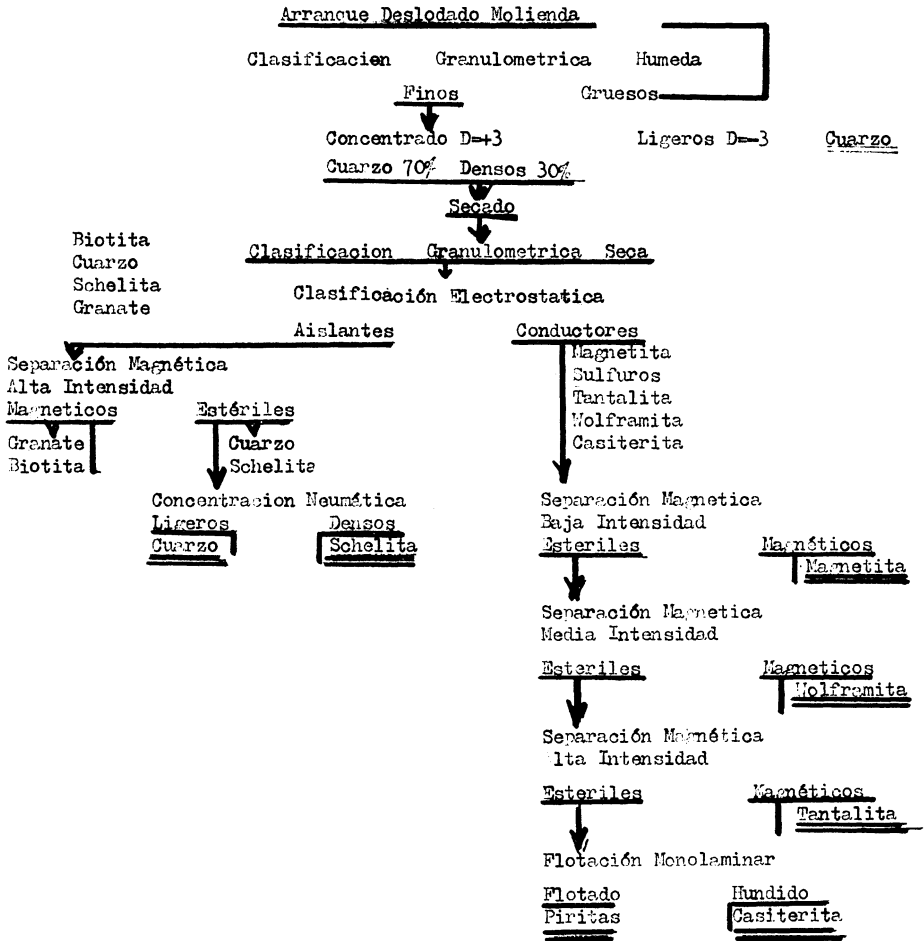


Foto 1. Diagrama del Jig-Baltar. 3. Rejilla; 4. Regulador de pulsación; 5. Membrana pulsante; 6. Cámara de pulsación; 7. Fijador de ajuste; 8. Cámara de inyección; 9. Entrada de fluido; 11. Colector de pulsación; 12. Evacuación de concentrados gruesos; 15. Evacuación de densos finos; 16. Colector de densos; 17. Cámara de estratificación; 18. Regulador del flujo de inyección; 20. Colector del flujo de inyección; 21. Colector de inyección; 22. Estrato de densos; 23. Estrato de ligeros; 24. Estrato de medios; 25. Lecho filtrante.

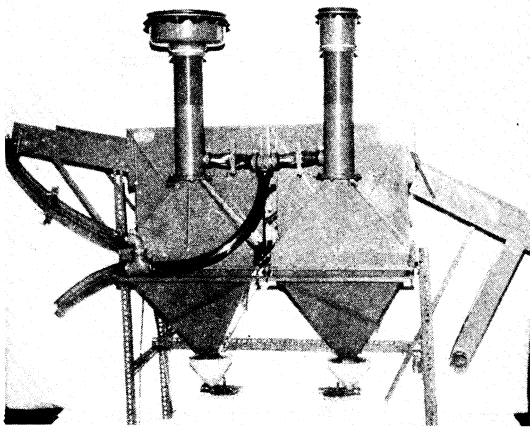
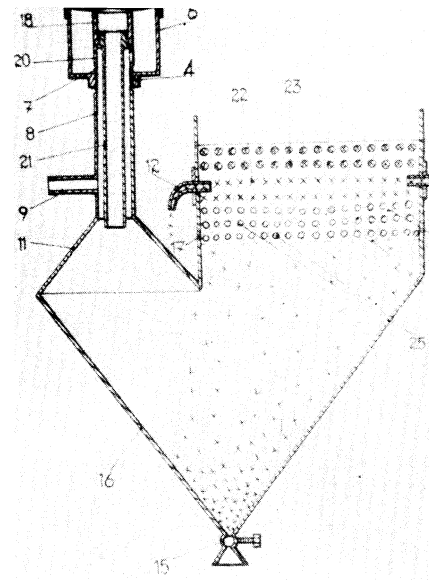


Foto 2. Jig-Baltar. Aspecto general.

Foto 3. Diagrama de electrostática. (Figura 1). 1. Tolva; 2. Calentador de tolva; 3. Regulador de flujo; 4. Obturador; 5. Emisor de infrarrojos; 6. Electrodo ionizador; 7. Emisor de radiación controlada; 8. Electrodo deflector; 9. Rodillo dosificador; 10. Deflector de conductores; 11. Colectores; 12. Deflector de aislantes; 13. Electrodo desionizador; 14. Variador de velocidad; 15. Polea motriz; 16. Vibrador; 17. Placa alimentadora; 18. Raedera; (Figura 3). 31. Conector; 32. Inversor de polaridad; 33. Unidad rectificadora; 34. Condensador; 35. Bobina; 36. Chispómetro; 37. Oscilador; 38. Interruptor de primario; 39. Transformador de alta tensión.

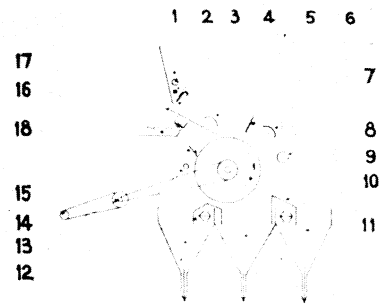


Fig.1.

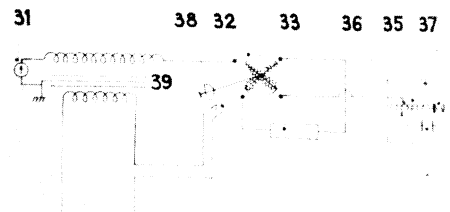


Fig.3.

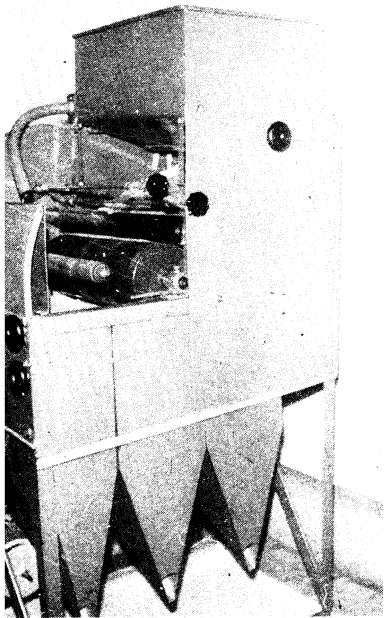


Foto 4. Máquina electrostática. Aspecto general.

Foto 5. Diagrama de separador magnético. 1. Bancada; 2. Ballestas; 3. Colector de estériles; 4. Placa vibrante; 5. Espacio polar; 6. Culata giratoria; 7. Núcleo magnético; 8. Alimentador; 9. Vibrador; 10. Electroimán; 11. Colector de magnéticos.

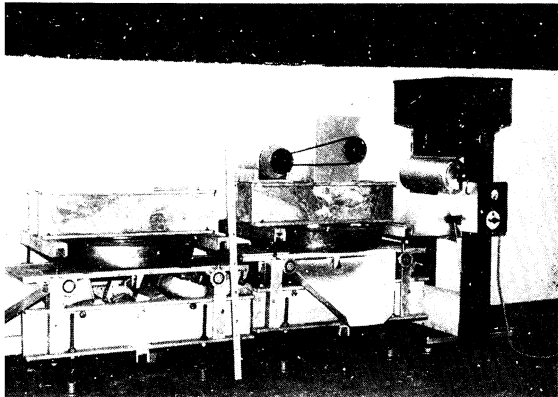
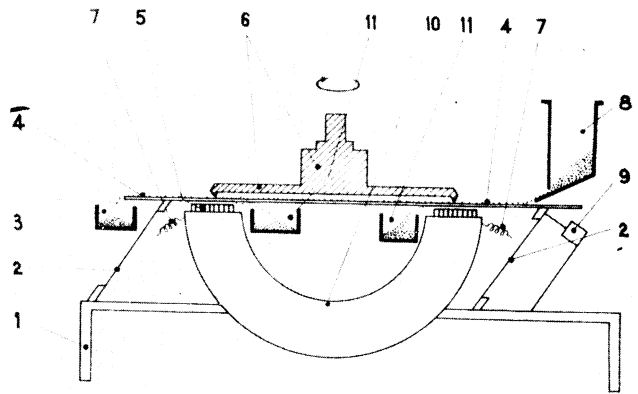


Foto 6. Separador magnético. Aspecto general.