



La Concentración de Menas  
en 1929



LA CONCENTRACION DE MENAS EN 1929

# LA CONCENTRACIÓN DE MENAS

EN 1929

POR

LEOPOLDO BÁRCENA Y DIAZ

INGENIERO DE MINAS

DE LA

REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS



1929  
EDITORIAL VASCA  
BILBAO

---

## PRÓLOGO

*Este folleto está escrito para satisfacer los deseos, varias veces manifestados por los empleados de la Real Compañía Asturiana de Minas que han construído y vigilan la marcha de los lavaderos de Reocín, de conocer, de la flotación, algo más que su práctica con las menas de esta mina, y al mismo tiempo saber lo que otros hacen y consiguen con este procedimiento.*

*Lo dedicamos al Director y Administrador General de la mencionada Empresa, D. Luis V. H. a Hauzeur, que, merced a su espíritu moderno e individualista, ha conseguido que la Compañía que dirige figure hoy en Europa a la cabeza de todas en concentración de minerales, y que las minas de Reocín cuenten con un lavadero de flotación diferencial, donde se consiguen resultados no superados por ninguna instalación semejante en el mundo.*

*L. BÁRCENA Y DÍAZ.*

---

---

# La Concentración de Menas en 1929

---

## DEFINICIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE FLOTACIÓN

Es un procedimiento de concentración de menas en agua, en el cual los minerales se separan, flotando en una espuma, de la ganga que queda en el fondo de la pulpa.

Es solamente aplicable cuando la mena ha sido triturada a 0,3 m/m (48 mallas), excepto cuando se trata de concentrar carbón, en cuyo caso basta con triturar a 1,5 m/m, y alcanza a los tamaños más finos que se pueden hacer en una trituración.

Pueden concentrarse por flotación todas las menas de minerales de brillo metálico o resinoso, como son las menas de galena, blenda, calcopirita y, en general, todas las menas de sulfuros metálicos.

Flotan con mucha dificultad los minerales de brillo vítreo o aspecto ferroso, pero se puede separar la barita de la sílice, así como las fosforitas de las gangas que le acompañan.

También pueden separarse unos sulfuros de otros.

## UN POCO DE HISTORIA

En 1860, un inglés, William Haynes, patentó un procedimiento para separar los sulfuros de la ganga que les acompaña por medio de ciertas sustancias grasas. No era aún un procedimiento de flota-

ción, pero estaba basado en la adherencia de las grasas a las superficies metálicas, propiedad que él descubrió.

En 1886, un americano, Hezequiah Bradford, inventó un procedimiento de flotación, sin aceites, en el que utilizaba sólo la «tensión superficial» del agua.

Carrie J. Everson, una americana, en 1885, lavando en el río unos sacos manchados de grasa que habían contenido mineral de plomo, observó que, con el jabón y la agitación a que los sometía, se producía en el agua una espuma cargada de galena.

Este descubrimiento dió lugar a una nueva patente de un procedimiento de concentración de flotación, basado en los principios de Haynes y Bradford.

En 1905, un italiano, Alcide Froment, patentó ya un procedimiento, en el que, agitando una pulpa con cierta cantidad de sustancias grasas y en presencia de ácido sulfúrico, se producía una espuma cargada de sulfuros metálicos, quedando la ganga separada de esta espuma. Aconsejaba se mezclase previamente la pulpa con algo de caliza, indudablemente para ayudar a la formación de la espuma con el desprendimiento de ácido carbónico.

En 1905, Sulman, Picard, Ballot y Webster, formaron una Sociedad en Inglaterra llamada MINERALS SEPARATION Ltd., con objeto de explotar las patentes de Froment y Cattermole.

En 1905 patentó un procedimiento que consistía en agitar la pulpa con una cantidad de aceite menor del 1 % del peso de la mena. Formábase así una espuma que contenía los sulfuros de aquélla.

Posteriormente se presentaron (y siguen presentándose) por mes varias patentes de flotación; pero, según el fallo del Tribunal Supremo de los EE. UU. en el pleito que sostuvieron la MINERALS SEPARATION Ltd. y Mr. James M. Hyde por los años 1911 y 1916, todas son perfeccionamientos de la patente de 1905 de aquella Sociedad, que fué la «primera» que hizo el procedimiento industrial.

Pronto comenzó a aplicarse la flotación en Australia.

En 1911, James M. Hyde montaba la primera instalación en los EE. UU.

En 1912, la INSPIRATION CONSOLIDATED COPPER Co. detenía su estudio del establecimiento de un gran lavadero de gravedad para sus menas de cobre, por estudiar la flotación, y en 1916

tenía andando un lavadero todo flotación, en el que trataba 21.000 tons./24 h.

En 1914 se comenzaban en el lavadero de Washoe Reduction Wors de ANACONDA COPPER MINING Co. las pruebas de flotación, con gran éxito.

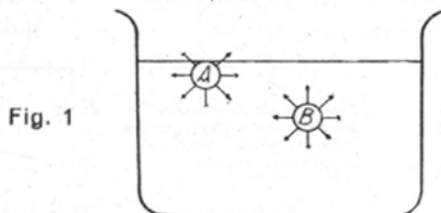
En 1916, nosotros, en el laboratorio de Reocín, comenzábamos a estudiar la aplicación de la flotación a las menas de la REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS. Eran los años de la Gran Guerra. Poca documentación poseíamos. No había manera de encontrar reactivos de flotación, pero, con la «fe que mueve las montañas», resolvimos todas las dificultades. En 1918 proyectábamos nuestro primer lavadero de flotación de 60 tons./24 h. En 1919 marchaba. En 1920 hacíamos los planos de otro lavadero de 200 tons., que en 1922 andaba; y, por fin, en 1926 proyectábamos el de Torres, de 600 tons., al que llamamos 27 por ser el año 1927 en el que se puso en marcha, y en el que conseguimos resultados que posiblemente constituyen un «record» en el mundo.

## TEORÍA DE LA FLOTACIÓN

### A) Fenómenos físicos en que se funda.

#### 1) TENSION SUPERFICIAL.

Sea fig. 1 un vaso conteniendo agua. Consideremos una molécula de este líquido que no esté en su superficie: la B. Ésta se encuentra atraída por todas las que le rodean. Sus esfuerzos se neutralizan, y la molécula B puede desplazarse libremente.



Consideremos ahora una molécula de la superficie: la A. Se encuentra, como la B, atraída por todas las que le rodean, pero le faltan las de encima. Estos esfuerzos no están, pues, neutralizados.

Lo mismo les pasa a todas las moléculas de la superficie. Su condición es distinta a las del interior de la masa de agua. No pueden las A moverse libremente como las B. Esta resistencia al movimiento de las moléculas de la superficie, da lugar a una tensión superficial, que viene a ser como una resistencia que ofrece la superficie del agua a la rotura.

Esta tensión superficial es la que hace que flote sobre el agua una aguja que se coloca con cuidado sobre su superficie. Y fundándose exclusivamente en la tensión superficial del agua, hace años se utilizaron los tubos MACQUISTEN para concentrar menas.

La tensión superficial se altera por medio de diversas sustancias, como el jabón y otras, de las que hablaremos después.

## 2) PROPIEDADES DISTINTAS DE LAS SUPERFICIES DE BRILLO METÁLICO Y VÍTREO O TERROSO.

El agua «moja» con dificultad las superficies de brillo metálico, y con facilidad las de brillo vítreo o aspecto terroso.

Los aceites «mojan» con facilidad las superficies de brillo metálico, y con dificultad las no metálicas.

Los gases, el aire entre ellos, se adhiere sólo a las superficies engrasadas.

Los dibujos de la fig. 2 ilustran estas propiedades.

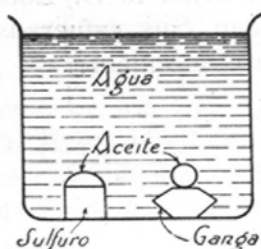


Fig. 2



Por lo tanto, si formamos una pulpa compuesta de agua y mena triturada a 48 mallas, a la que añadimos unas gotas de aceite y la agitamos, ésta debe adherirse a los sulfuros a modo de pintura, dejando la ganga intacta.



Si por la pulpa así preparada hacemos pasar una corriente de aire dividida en innumerables burbujas, veremos a éstas llevar en su carrera ascensional a las partículas de sulfuros.

Estas burbujas se romperán al llegar a la superficie del agua, debido a que no se ha disminuído la tensión superficial de la misma. Su carga de sulfuros caerá y será recogida por las nuevas burbujas que ascienden.

Si previamente hemos disminuído la tensión superficial del agua, las burbujas no se romperán con facilidad; y como se suceden constantemente, el resultado será la formación de una espuma más o menos estable, que contendrá los sulfuros de la mena, y la ganga limpia quedará en el fondo de la pulpa.

## ACEITES USADOS EN FLOTACIÓN

Los hay de dos clases :

*Aceites espumantes*, cuya misión es la de disminuir la tensión superficial del agua, a fin de que el aire pueda formar con los sulfuros una espuma.

Los aceites de pino y eucaliptos destilados al vapor, los cresoles procedentes de la destilación de la hulla, son agentes espumantes. Son prácticamente solubles en agua en las proporciones que se emplean en flotación, que varían entre 5 y 50 gramos por tonelada a tratar.

*Aceites colectores*, que son los que proporcionan a las superficies metálicas esa especie de pintura a la que se adhieren los gases.

Las fracciones que destilan a alta temperatura los alquitranes de hulla, de madera y los petróleos, son aceites colectores, como las creosotas de más de 1 de densidad. Se emplean en cantidades que oscilan entre 0,4 y 1,5 kgs. por ton. a tratar.

Hay otros aceites que poseen, en mayor o menor grado, propiedades espumantes y colectoras, que son los que se emplean con más frecuencia, pues permiten, con la ayuda de otros reactivos de que vamos a hablar, emplear cantidades menores que las señaladas para los colectores propiamente dichos.

Estos aceites son las creosotas ligeras de hulla de menos de 1 de densidad, como las naftas de 0,95 de densidad, las creosotas de

pino del mismo peso específico, etc. Modernamente se prepara un compuesto de fósforo y ácido cresílico, que se conoce en el mercado con el nombre de Aerofloat, que es un buen reactivo de flotación.

### B) Fenómenos químicos.

Sólo con los aceites no se consigue en muchos casos flotar comercialmente las menas. Es necesario el uso de otros reactivos que no son aceites y que han hecho en muchos casos el procedimiento industrial.

Éstos son :

*Carbonato de sodio.* Se emplea de 0,5 a 2 kgs. por ton., para alcalinizar la pulpa y para dar propiedades colectoras a aceites que son muy débilmente colectores.

*Cal.* En cantidades iguales al carbonato, se emplea para alcalinizar la pulpa y, sobre todo, para impedir la flotación de la pirita de hierro. Hoy se utiliza este reactivo en casi todas las menas de cobre.

*Sulfato de cobre.* Absolutamente necesario para la flotación de la blenda. Se emplea en cantidades que oscilan entre 0,2 a 0,5 kilogramos por ton.

*Cianuro de sodio solo o con sulfato de cinc.* Tiene la propiedad de retrasar la flotación de la blenda y pirita. Se consume de 0,05 a 0,5 kgs. por ton.

*Sulfito de sodio.* Con algunos minerales, sus propiedades son parecidas a las del cianuro. Se emplea de 0,2 a 0,5 kgs./ton.

*Acido oleico.* Se empleaba en los comienzos de la flotación. Hoy su uso se ha reducido a los casos donde el mineral está algo oxidado. Se emplea de 0,5 a 2 kgs. por ton.

*Silicato de sodio.* Se emplea con frecuencia con el ácido oleico cuando éste solo no puede hacer una espuma limpia. Es el mejor reactivo que se conoce para descoagular o «dispersar» las partículas de ganga de una mena. Se consume de 0,2 a 2 kgs. por ton.

*Xantato de sodio o potasio.* Es uno de los reactivos de mayor valor en flotación. En cantidades que varían entre 0,01 y 0,06 kilogramos por ton., sus efectos son marcadísimos. Según la cantidad empleada, favorece la flotación de la galena, blenda o pirita. Se usa en casi todas las menas.

*Thiocarbanilida.* Procedente de la destilación de la hulla, de propiedades parecidas al xantato en algunos minerales. Se emplea a razón de 0,05 a 0,2 kgs. por ton.

*Sulfuro de sodio.* Se emplea para sulfurar los óxidos y carbonatos de plomo y cobre, y poderlos flotar después. Se usa en cantidades de 1 a 5 kgs. por ton.

*Acido sulfúrico.* Se empleaba mucho en los comienzos de la flotación. Su uso es hoy muy restringido. Nosotros lo empleamos para el relavado de las blendas que han flotado en un circuito alcalino. Se consume de 1 a 4 kgs. por ton.

Hay más reactivos, pero éstos son los principales.

Hoy ya se llaman a los xantatos y thiocarbanilida, «agentes químicos colectores», porque en muchas menas reemplazan a los aceites colectores, particularmente en las menas de cobre.

Su acción sobre los sulfuros es química o pseudo química, y no física, como en los aceites. Perkins llega a decir, que se pueden fabricar compuestos químicos que, según su fórmula molecular, se sabrá de antemano si llegarán a ser buenos reactivos de flotación.

Si esto se llega a demostrar, podemos esperar una revolución en la flotación.

Por lo pronto diremos que la aparición del xantato y la thiocarbanilida (ésta con ciertas menas) ha permitido suprimir los aceites colectores en muchos lavaderos, llegándose a consumir por tonelada cantidades de reactivos reducidísimas.

Así, por ejemplo, los lavaderos de la PHELPS DODGE CORPORATION, que en 1923 consumían entre aceites colectores y espumantes 0,7 kgs. por ton., hoy consumen solamente 0,075 kilogramos por ton. (xantato y aceite de pino solamente).

Nosotros mismos, cuando aun empleábamos la creosota como agente colector, pudimos hacer, con un consumo de 40 gramos por tonelada de xantato, una economía del 60 % de la cantidad gastada de aquel reactivo.

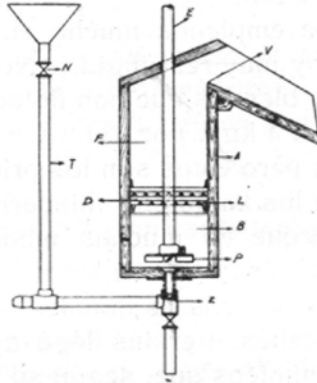
## ENSAYOS DE FLOTACIÓN EN EL LABORATORIO

Para saber los resultados que la flotación puede obtener con una mena determinada, hay que ensayarla en el laboratorio en máquinas de flotación, que vienen a ser simples miniaturas de las que se emplean en la práctica.

Existen muchos tipos de máquinas de laboratorio, pero nosotros nos limitaremos a describir la que nos es más familiar y la que se presta mejor a los ensayos en pequeño.

La fig. 3 representa nuestra máquina.

Fig. 3



En la caja A, de sección cuadrada, se advierten tres zonas : La B, de agitación producida por la paleta P, que gira a 500 metros de velocidad periférica por minuto. Va movida por el eje E. La zona D, donde la agitación desaparece merced a las parrillas de listones L; y, por fin, la zona F, donde la pulpa, completamente en reposo, permite la formación de la espuma que sale por la vertedera V.

Por el tubo T entra el aire en la máquina aspirado por las paletas P, aire que se regula con la llave N.

Una vez verificado el ensayo, se vacía el aparato por Z.

En esta máquina se hacen ensayos con 6 litros de pulpa, compuesta de 2 kgs. de mineral y el resto agua.

La mena se machaca a 48 mallas, o a las que convenga, en pequeños molinos de bolas que trabajan, como en la práctica, en húmedo.

Los ensayos duran de 6 a 20 minutos, según que el mineral flote o no con facilidad.

Los reactivos se añaden por el tubo T cuando se ha descargado en la máquina la pulpa que viene del molino con 50 % de sólidos. Entonces el nivel de ésta no pasa de la zona B y se agita bien con los reactivos. Inmediatamente se añade agua, hasta que alcance un nivel 2 ó 3 centímetros más bajo que el de la vertedera V.

Ensayando distintas menas veremos qué distintas son unas de otras flotando. En cada caso hay que estudiar el procedimiento. En unos hay que machacar a 48 mallas; en otros a 80; en otros a 150. En unos hay que emplear una pulpa de 20 % de sólidos; en otros de 30, y en otros de 40. En algunos el período de agitación con los reactivos antes de la flotación es de 1 minuto; en otros de 5; en otros de 10.

Hay menas que tienen una tendencia a que sus sulfuros coagulen y su ganga quede en estado de dispersión. Esta condición favorece grandemente el éxito del procedimiento. Otras menas ofrecen la característica contraria, la cual puede corregirse por medio de reactivos apropiados.

Algunas menas contienen cierta proporción de «coloides», partículas finas que decantan con gran dificultad y que a su vez dificultan la flotación, hasta hacerla en algunos casos imposible. Esto parece ocurrir con más frecuencia en menas descompuestas, en las que también aparecen sales solubles que favorecen la coagulación de la ganga, y por lo tanto son perjudiciales. A veces son las aguas mismas que se utilizan las que contienen estas sales.

Cada mena se trata de un modo.

Dentro de cada mena veremos que podemos hacer varias combinaciones de reactivos, a modo de recetas, que sirven para el tratamiento de esa mena. Una de ellas convendrá por ser más económica o por ser más fácil sus componentes.

Deben preferirse las que son para aplicarse en circuitos neutros a alcalinos.

Con objeto de que tengamos una idea de la composición de estas recetas, vamos a indicar algunas de las que se emplean en lavaderos que están marchando industrialmente.

#### LAVADERO 27 DE LA REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS. MINAS DE REOCÍN.

Mena — 2,5 % Pb. — 16 % Zn. — 12 % Fe.

Concentrados de plomo 65 % Pb. — 4 % Zn. — 5 % Fe.

Flotado con (todas cantidades por ton. a tratar) :

1,7 de carbonato de sodio.

0,4 de nafta.

0,005 de aceite de pino.

0,012 de xantato.

Concentrados de cinc 56 % Zn. — 0,6 % Pb. — 4 % Fe.

Flotados con :

0,360 de nafta.

0,025 de aceite de pino.

0,045 de xantato.

0,360 de sulfato de cobre.

Concentrado de cinc relavado 59 % Zn. — 0,6 % Pb. — 3 % Fe.

Flotado con 4,3 kgs. de ácido sulfúrico 55° Be por ton. de blenda a relavar.

Estériles 0,8 % Zn. (sulfuro) y 0,3 % Zn. (óxido) 0,1 % Pb.

LAVADERO DE LA BUNKER HILL & SULLIVAN MINING Co.  
IDAHO, EE. UU.

Mena — 7 % Pb. — 13,8 % Zn.

Concentrados de plomo 58,81 % Pb. — 11,06 % Zn.

Flotados con :

0,400 kgs. de carbonato de sodio.

0,225 kgs. de cianuro.

0,0013 kgs. de xantato.

0,150 kgs. de creosota de hulla.

Concentrados de cinc 48,78 % Zn. — 4,83 % Pb.

Flotados con :

0,450 kgs. de sulfato de cobre.

0,038 kgs. de xantato.

Estériles 1,62 % Zn. — 0,51 % Pb.

LAVADERO DE LA INTERNATIONAL SMELTING Co. TOOELE.

Mena — 5,39 % Pb. — 10,73 % Zn. — 10,30 % Fe.

Concentrados de plomo 62 % Pb. — 7,25 % Zn. — 10,30 % Fe.

Flotados con :

0,120 kgs. de carbonato de sodio.

0,021 kgs. de tiocarbanilida.

0,100 kgs. de cianuro de sodio.

0,018 kgs. de xantato.

0,001 kgs. de aceite de pino.

Concentrados de cinc 57,80 % Zn. — 1,85 % Pb. — 3,75 % Fe.

Flotados con :

0,700 kgs. de carbonato de sodio.

0,027 kgs. de xantato.

0,500 kgs. de sulfato de cobre.

0,011 kgs. de ácido fosfocresílico (aerofloat).

Pirita 40 % Fe. — 3,30 % Zn. — Zn. — 1,20 % Pb.

Flotada con :

0,070 kgs. de xantato.

0,002 kgs. de aceite de pino.

Estériles 0,5 % Pb. — 0,9 % Zn.

LAVADERO DE THE CONSOLIDATED MINING & SMELTING  
CO OF CANADA, LTD.—CANADÁ.

Mena 10 % Pb. — 10 % Zn. — 22 % Fe.

Concentrados de plomo 63 % Pb. — 8 % Zn.

Flotados con :

1,400 kgs. de carbonato de sodio.

0,220 kgs. de alquitrán de hulla.

0,070 kgs. de cresol.

0,070 kgs. de creosota de hulla.

0,225 kgs. de cianuro de sodio.

Concentrados de cinc 43 % Zn. — 5 % Pb.

Flotados con :

0,320 kgs. de sulfato de cobre.

0,023 kgs. de xantato.

Estériles 1,0 % Zn. — 1,2 % Pb.

LAVADERO DE LA INSPIRATION, CONSOLIDATED COPPER CO.  
ARIZONA, EE. UU.

Mena 1,17 % Cu.

Concentrados de cobre 33,18 % Cu.

Flotados con :

1,700 kgs. de cal.

0,070 kgs. de xantato.

0,060 kgs. de aceite de pino.

Estériles 0,05 % Cu. en estado de sulfuro.

## LAVADERO DE LA SHATTUCK-ARIZONA, BISBEE, ARIZONA EE. UU.

Mena 6 % Pb. en estado de carbonato.

Se sulfura el mineral previamente con 1,5 kgs. de sulfuro de sodio, y se flota después con una mezcla de creosota de hulla, alquitrán de hulla y aceite de pino.

Concentrados de plomo 33 % Pb.

Extracción 94 % Pb.

Con los ejemplos citados hemos dado una idea de la composición de las mezclas que se emplean actualmente en los lavaderos en marcha comercial.

Algunos de éstos usaban hace años otras mezclas, pero la aparición del xantato y la mayor eficacia de los circuitos alcalinos las han cambiado.

Creemos que, en el porvenir, la composición de estas mezclas ha de ser menos variada, tendiéndose a la unificación de las mismas para las menas del mismo metal.

Actualmente ya se observa que en la mayor parte de los lavaderos que tratan menas de cobre se emplea la combinación cal-xantato-aceite de pino, variando de uno a otro la proporción relativa de cada uno de estos tres reactivos.

Para las menas de galena, nosotros estimamos que la combinación carbonato-xantato-creosota ligera-aceite de pino, tenderá a universalizarse.

Para las menas de blenda, la fórmula clásica será carbonato-sulfato de cobre-xantato-creosota ligera-aceite de pino.

Donde se disponga a buen precio de otros reactivos no «naturales», sino fabricados, como el ácido fosfocresílico, pueden nuestras fórmulas alterarse en el sentido de que este reactivo puede sustituir a la creosota, al aceite de pino y, en ocasiones, al xantato.

En las menas complejas de galena, blenda y pirita de hierro que se tratan por flotación diferencial, y donde es necesario, para obtener concentrados limpios de plomo, añadir en su circuito reactivos que dificulten la flotación de la blenda, como el sulfito de sodio, el cianuro de sodio y sulfato de cinc, el agente colector de la fórmula de la blenda, que es la creosota ligera, debe de sustituirse por otro más enérgico, como la creosota más pesada. La



fórmula sería entonces sulfato-xantato-creosota pesada-aceite de pino.

Puede en estos casos lavarse el residuo del tratamiento de plomo de la mena. Entonces hay que volver a añadir carbonato, y, en cambio, puede continuar la creosota ligera como agente colector.

Siempre que se pueda, deben utilizarse como aceites colectores los que lo sean muy débilmente, pues así se conseguirán los concentrados más ricos y el consumo de este colector por tonelada será menor, lo que parece paradójico. Este menor consumo es conveniente para la obtención en los filtros de pastas más secas.

El trabajo con estos colectores débiles es más delicado, ciertamente; el equilibrio de los efectos de la fórmula sobre la mesa es más inestable; pero con los medios mecánicos que hoy contamos para la alimentación continua de las menas en los aparatos que preceden a las máquinas de flotación y para la adición de reactivos, no es esta razón suficiente para que no se utilice en cada caso la combinación de reactivos que más convenga.

No pasaremos más adelante sin decir que, a excepción de aquellos reactivos que se emplean para acidular o alcalinizar la pulpa, los demás son absorbidos por el mineral flotado.

Tampoco dejaremos de señalar el hecho de que los ensayos de flotación hechos en máquinas de laboratorio son muy pesimistas. La práctica los da mejores.

## MÁQUINAS DE FLOTACIÓN

Los aparatos que realizan la flotación se llaman máquinas de flotación.

Las hay de dos tipos principales. De agitación mecánica y las neumáticas. Hay algunas que estarían mejor clasificadas en un tipo intermedio.

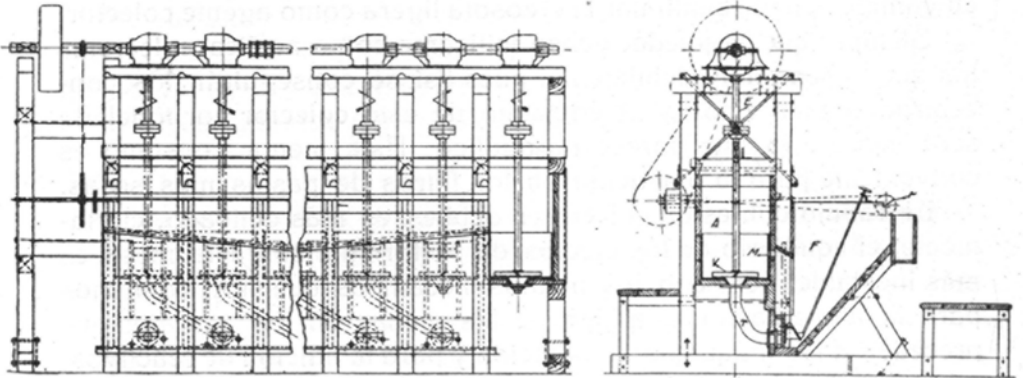
El tipo clásico de las primeras es la STANDARD MINERALS SEPARATION, fig. 4.

Se compone de un cierto número de celdas de agitación A de 10 a 20, donde se mueven las paletas V montadas sobre los ejes E, y de otras tantas de flotación F. Generalmente se instalan dos o tres más de agitación, que hacen de acondicionador.

La pulpa entra por la primera A, recibe la agitación de la paleta V, pasa por M a F, donde se forma la espuma que las paletas P

sacan de la máquina. Lo que no ha flotado cae al fondo de la celda F, y es aspirado a través del tubo T por las paletas V de la segunda A. Una vez en ella la pulpa, se repite lo que hemos dicho para la primera A.

Fig. 4



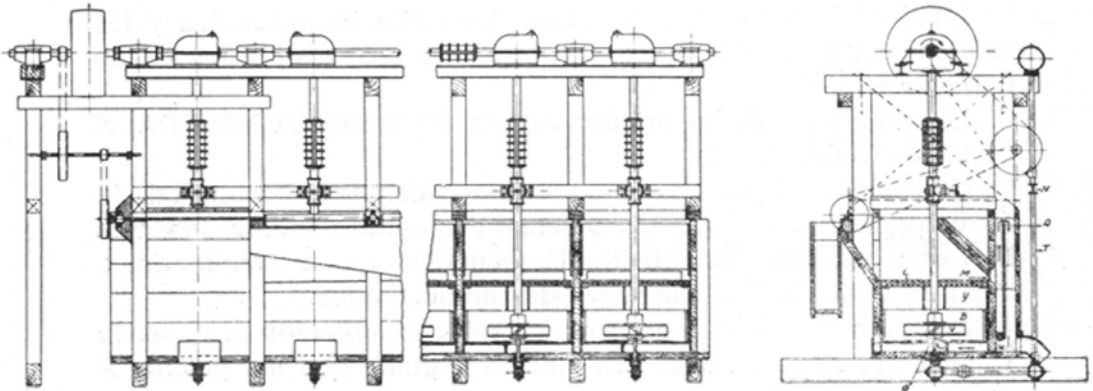
Así pasa la pulpa de la primera A a la última F. Las paletas P van sacando la espuma de las F, y la última de éstas da los estériles.

Las primeras F producen los concentrados y las últimas los mixtos, que pasan por un tubo a la primera A aspirados por las paletas de esta celda.

Otra máquina ideada por MINERALS SEPARATION es la conocida con el nombre de POSITIVE FLOW MINERALS SEPARATION, o más brevemente, por P. F. M. S.

Consta de varias celdas, fig. 5, a través de las cuales pasa la pulpa. Las paletas V de cada celda agitan la pulpa y la hacen

Fig. 5

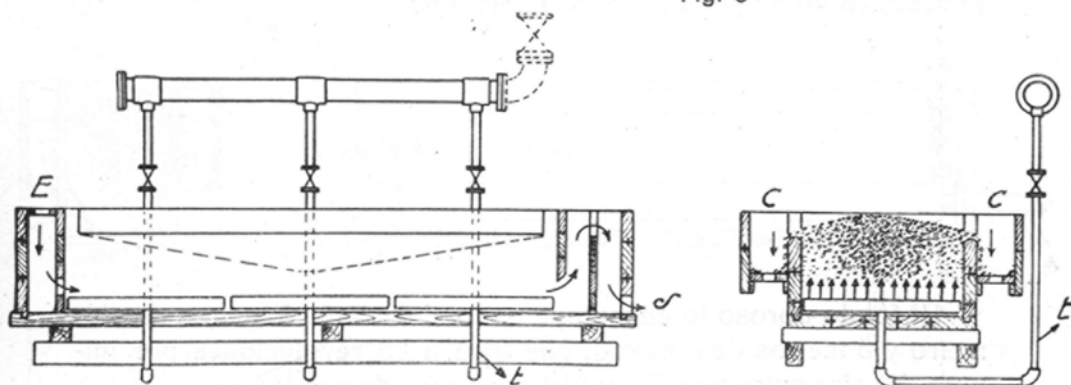


circular de la primera celda a la última. Por M pasa la pulpa a R, donde rebosa, y entra en la zona B de la celda siguiente por O. Los tubos T introducen el aire en éstas a 0,125 kgs./cm.<sup>2</sup> de presión, que se regula con las llaves N.

Cuando es necesario, las primeras celdas sólo son de agitación, haciendo de condicionadores.

El tipo clásico de las máquinas neumáticas es la celda CALLOW, que se ilustra en la fig. 6.

Fig. 6

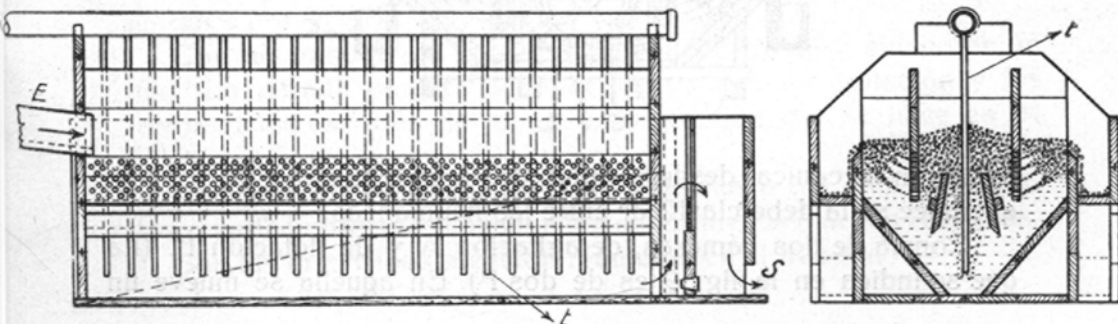


Es una especie de canal de 0,6 a 0,9 metros de ancho y de 3 a 10 metros de longitud, cuyo fondo es poroso y tiene una ligera pendiente. A través de este fondo, generalmente de uno o varios espesores de lona, pasa aire a 0,350 kgs./cm.<sup>2</sup> de presión, que es introducido por los tubos t.

La pulpa entra por E y sale por S. La espuma rebosa por los costados de la máquina y cae en los canales C.

Algunos de los inconvenientes de esta máquina, de los que hablaremos después, se evitan en la celda FORRESTER, fig. 7.

Fig. 7



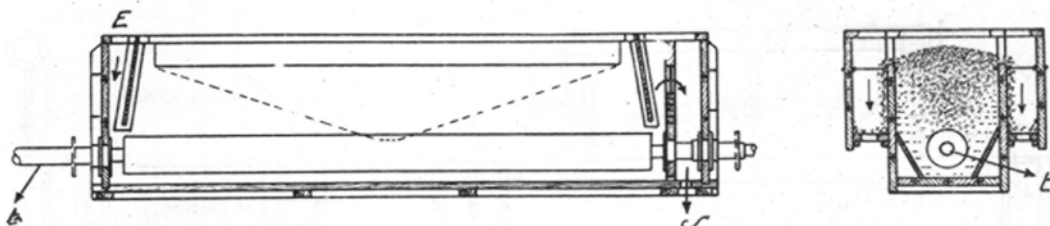
El aire entra por los tubos T, colocados a 0,10 ó 0,15 metros, a una presión de 0,150 kgs./cm.<sup>2</sup>

La pulpa entra por E y sale por S, rebosando la espuma por los costados de la celda.

Sobre un principio parecido acaba de instalar la MIAMI COPPER Co. una nueva celda, que tiene 30 metros de longitud y puede tratar 3.000 tons./24 h.

Otra variante de la celda CALLOW, que aun conserva el fondo poroso, es la máquina Mac-INTOSH, fig. 8.

Fig. 8

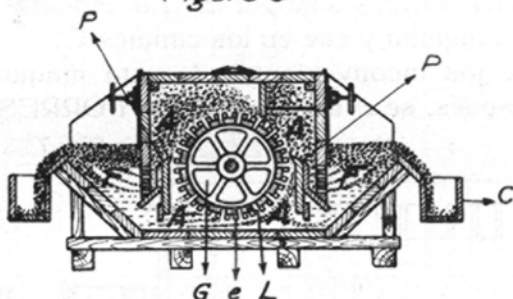


El fondo poroso lo constituye un tambor de 0,22 metros de diámetro y 3 metros de longitud, que gira a 15 revoluciones por minuto. El aire entra por T a 0,250 kgs./cm.<sup>2</sup> de presión.

La pulpa atraviesa la máquina en el sentido de su longitud, y la espuma sale por los costados de la misma, como en las anteriores.

La fig. 9 representa un corte de la máquina K & K, que aunque desde el punto de vista mecánico se la debe incluir entre las de

Figura 9



agitación mecánica, desde el punto de vista de la clase de espuma que hace se la debe clasificar entre las neumáticas.

Consta de dos cámaras, de agitación A y de flotación F. (La que se indica en la fig. 9 es de dos F). En aquélla se mueve un

tambor compuesto de un eje, dos, tres o cuatro poleas montadas sobre este eje, y de una serie de listones L clavados sobre los L, que van fijos sobre las poleas mencionadas. Estos listones L dejan entre ellos espacios de 0,01 metros, por donde, al girar el tambor G, pasa el aire, que entra en la cámara A aspirado por la fuerza centrífuga que desarrolla el giro de este tambor, a través del espacio anular que rodea al eje al entrar en la cámara A.

El aire se mezcla perfectamente con la pulpa, que es arrastrada por la superficie rugosa que forman los listones.

Las paletas P desvían la pulpa a las cámaras F, donde se forma la espuma, que cae en los canales C.

Esta máquina se construye con una cámara F o con dos F.

## CONDICIONADORES

Son unos aparatos para mezclar los reactivos a la pulpa y darles el tiempo necesario de contacto.

Los hay de diversos tipos. No describimos ninguno, porque todos son poco más o menos la misma cosa.

Cuando el tiempo de contacto no es superior a 2 ó 3 minutos una o varias celdas de agitación de una máquina M. S., constituyen un buen condicionador.

Los molinos de bolas son buenos condicionadores.

## VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA MÁQUINA

STD. M. S. y P. F. M. S.

*Ventajas* : No necesita se les dé la pulpa preparada, o sea mezclada con sus reactivos de flotación.

Una sola máquina hace concentrados y estériles finales. Los mixtos los aspira automáticamente el primer agitador.

Se construyen máquinas de 600 tons./24 h. de capacidad, y empiezan a proyectarse mayores.

Con un mineral de dureza media puede trabajar sin parar un año. La parada es para cambiar las paletas de agitación y los forros de las cámaras de agitación, operación que se hace en 24 horas de trabajo.

Son las máquinas que menos se resienten a los cambios debidos a variaciones en la constitución de las menas o de los reactivos.

Son las que menos atención requieren en el trabajo.

*Inconvenientes* : Su elevado consumo de fuerza. Son necesarios de 3 a 4 kwh por ton.

La P. F. necesita de 25 a 30 litros por minuto y por ton. de aire a 0,125 kgs./cm.<sup>2</sup> de presión.

#### MÁQUINA CALLOW

*Ventajas* : Es la máquina más sencilla que existe. No posee ningún mecanismo.

*Inconvenientes* : Para obtener concentrados y estériles finales es necesario relavar aquéllos una o dos veces; por lo tanto, una instalación CALLOW consta siempre de dos o tres máquinas o celdas y una bomba de arenas para elevar los mixtos de las relavadoras a la desbastadora.

Cuando el molino de bolas que tritura la pulpa no hace de acondicionador, es necesario dotarla de uno, con lo cual su consumo de fuerza aumenta.

Necesita doble volumen de aire que la P. F. y a triple presión.

Con los circuitos alcalinos, tan corrientes hoy, los fondos porosos de lona se ciegan con frecuencia y hay que renovarlos, lo que trastorna bastante la marcha de la flotación.

Las partículas gruesas de la mena, particularmente las de pirita, se depositan con frecuencia sobre los fondos de las celdas, causando por este motivo constantes interrupciones.

Sin acondicionador, el consumo de fuerza sube a 2,5 kwh por tonelada, y con él llega a 3 ó 3,5 kwh.

Generalmente, los mayores tamaños que se construyen tienen una capacidad de 250 tons./24 h. (La modificación INSPIRATION, que consta de dos celdas adosadas de unos 15 metros de longitud, llega a 800 tons.)

#### MÁQUINA FORRESTER

*Ventajas* : Es tan sencilla como la CALLOW.

Es la que menos reparación necesita.

Consumo solamente de 1 a 2 kwh por ton. a tratar.

Se construyen unidades capaces de 500 tons./24 h., y creemos es susceptible esta máquina de hacerla para capacidades mucho mayores.

*Inconvenientes* : Necesita, como la CALLOW, acondicionador y reflotar los concentrados una o dos veces (aunque haya algún lavadero de cobre que saque concentrados finales en los primeros metros de celda).

Exige cinco veces el volumen de aire de las P. F. a la misma presión.

#### MÁQUINA MAC-INTOSH

*Ventajas* : Sólo necesita por ton. de 1 a 1,5 kwh. Algún caso se conoce de 0,6 kwh por ton. en mineral de cobre.

*Inconvenientes* : Hay que pararla cada 2 ó 3 meses, algunas veces cada mes, para cambiar el tambor poroso.

Necesita acondicionador.

Tiene que relavar dos o tres veces los concentrados.

Necesita dos veces y media el volumen de aire de las P. F., a doble presión o más que éstas.

Generalmente, una celda de 3 metros de longitud, que es el tamaño corriente de estas máquinas, no puede tratar más de 100 toneladas/24 h.

Cada máquina necesita un motor de 1 HP y su reductor de velocidad.

#### MÁQUINAS K & K

*Ventajas* : No necesita aire comprimido. Lo toma la misma máquina de la atmósfera, como la Std. M. S.

*Inconvenientes* : Los mismos que la Mac-INTOSH, pero muy agravados.

Con acondicionador necesita 4,5 kwh por ton., y sin él 3,5 kwh.

#### RESUMEN

En los grandes lavaderos de menas pobres de cobre parece predominan más las máquinas derivadas de la CALLOW.

La razón principal es la economía de fuerza que estas máquinas aportan, economía que tiene que hacerse sentir mucho tratando minerales de alto radio de concentración (muchas tons. a tratar para obtener una de concentrados). Un radio de concentración de 10 ó 15 a 1 es corriente en estos lavaderos.

Por otra parte, no parece hay mucho interés en obtener concentrados muy ricos.

Suponemos que muchas veces ni se prueban las máquinas M. S., porque su consumo de fuerza las excluye. En efecto: un lavadero, para este tipo de menas con máquinas M. S., necesita emplear en éstas el 20 % de la fuerza total consumida en él, mientras que con máquinas Mac-INTOSH o FORRESTER este tanto por ciento desciende a 6.

Otro factor que favorece el empleo de las máquinas neumáticas en estos lavaderos es que, siendo sólo de flotación, o si hay mesas, están después de las máquinas de flotación, los molinos realizan un buen condicionador, sobre todo no empleando como reactivos más que la cal, el xantato y el aceite de pino, que, como sabemos, son los reactivos para las menas de cobre.

Pero en los lavaderos de plomo y cinc las circunstancias no son las mismas. En primer lugar, los radios de concentración no son tan altos. Los lavaderos son más pequeños, y, sobre todo, la necesidad de obtener concentrados más puros, mayor.

En estas condiciones, las M. S. se prueban, y una vez probadas difícilmente se instalan otras, porque, a pesar de su consumo de fuerza, los concentrados son muy limpios, la sencillez de su instalación muy grande y su conducción muy cómoda.

Si el único defecto que se las puede imputar es su elevado consumo de fuerza, nosotros propondríamos, para el tratamiento de una mena cualquiera, como lo más lógico, emplear las M. S. para obtener concentrados solamente, y obtener los mixtos en una máquina que consuma menos, como la FORRESTER. Así realizaríamos el conjunto que, consumiendo menos, produciría con más sencillez concentrados imposibles de mejorar.

Discurriendo así, parece que debe instalarse una celda FORRESTER para tratar los estériles de un lavadero cualquiera de flotación. A poco que recuperen, siendo tan económicas, pagará lo recuperado con creces sus gastos y amortización.



## IDEAS MODERNAS SOBRE LOS ESQUEMAS DE LOS LAVADEROS

El éxito de la flotación ha revolucionado completamente las ideas que dirigían la construcción de los lavaderos hace unos años.

Aunque comenzó a aplicarse en Australia hace unos 24 años y en los EE. UU. hace 14, creemos que hasta 1923 su progreso fué lento, aunque fuese grande su difusión. Pero desde esta fecha no sabemos si habrá una mena no oxidada que sea refractaria a este tratamiento, por muy compleja que sea.

Tenemos, entre otros, el ejemplo de las menas de la THE CONSOLIDATED MINING & SMELTING COMPANY OF CANADA. Son una mezcla íntima de galena, blenda y pirita, minerales que no se separan hasta que se tritura la mena a 150 mallas. Se probaron con ella toda clase de procedimientos: de gravedad, electromagnéticos y electrostático. El único que resultó fué la flotación diferencial, y hoy, esta Sociedad, posee el lavadero más grande del mundo de galena, blenda y pirita, donde se tratan al día 4.000 toneladas.

Pero no se ha contentado la flotación con hacer aprovechables menas que no lo eran, sino que su «sencillez» hace que su aplicación invada el terreno donde parece indicado el procedimiento de gravedad.

En efecto. Supongamos que tenemos que hacer un lavadero para concentrar una mena de plomo de 10 % Pb., compuesta de gruesos cristales de galena en caliza, mena que, machacada a 9 milímetros, deja una gran parte de galena separada de la caliza.

Parece lo lógico no machacar a más de 9 m/m, y separar en cribas y mesas galena y estéril, que se evitarán de machacar al tamaño de flotación. Ésta sólo se aplicaría a las lamas que no pueden ser tratadas de otro modo.

Pues bien; las cifras dicen que lo que conviene es todo lo contrario, o sea, machacar todo a 48 mallas y flotar. Vamos a demostrarlo.

Hemos de suponer una capacidad al lavadero. Señalémosle la de 200 tons./24 h. Supongamos que, hechos los estudios previos, las cribas, mesas y flotación dan los productos señalados en los tres esquemas A, B y C, los cuales son normales.

Como se ve en el A, se machaca a 9 m/m. Lo 9-2 se trata en una criba HANCOCK, lo 2-150 mallas en dos mesas BUTCHART, y lo-150 mallas en flotación. Los mixtos de cribas y mesas se remuelen, y entran en el circuito.

En el esquema B se machaca a 2 m/m. Lo 2-150 mallas se trata en 4 mesas BUTCHART, y lo-150 junto con los mixtos de las mesas remolidos a este tamaño en flotación.

En el C se machaca todo a 48 mallas, y se trata por flotación.

Solamente en el esquema A se indica la instalación de machacadoras, que es igual para los tres esquemas.

Los números entre paréntesis indican tons./24 h., y los encerrados en un círculo leyes en plomo.

Los cuadros siguientes ponen de manifiesto las características de estos tres lavaderos.

Superficie de edificación, m. <sup>2</sup> . . . . .	1.100	1.100	800
Costo del lavadero, pesetas (1) . . . . .	720.000	700.000	500.000
Fuerza necesaria, HP . . . . .	155	185	230
Hombres al día . . . . .	23	17	11

Pongamos estas características en pesetas al día, y tendremos :

14 % interés y amortización . . . . .	335	325	233
Fuerza a 0,10 pesetas kwh . . . . .	280	330	420
Mano de obra a 7 ptas./8 h. . . . .	161	119	77
Camisas de cilindros, forros y bolas para los molinos . . . . .	60	75	90
Reparaciones . . . . .	120	100	50
Reactivos de flotación . . . . .	16	43	100
Lubrificantes . . . . .	30	30	20
TOTAL. . . . .	1.022	1.022	980

Vemos, pues, que la solución más barata es la que trata toda la mena por flotación.

El tipo de concentrado que prefieren los fundidores es el que produce el lavadero A; pero dudamos que paguen más por las

(1) El costo puede variar, según la naturaleza y configuración del terreno.

18,75 tons. de metal contenidas en él, que por las 19,50 que contiene el C.

Nosotros, que encontramos en la sencillez de una instalación la base de su seguridad de marcha, apreciamos mucho el esquema C. No tenemos duda de que al cabo del año este lavadero andará más horas que el A. Por esta misma razón preferimos el B al A.

La trituración en cilindros no cuesta más que en molinos, pero las reparaciones de los molinos son mucho más fáciles de hacer. Toda la atención que un molino de bolas exige es introducir en él el peso de bolas que compense el desgaste que de las mismas hace, cosa que se hace echándolas en su interior cuando está andando, y cambiar cada 8, 10, 12 ó 14 meses su forro de placas, operación que se hace en 24 horas de trabajo.

Debemos de decir aquí que la flotación ha tenido mucha suerte en contar con un aparato como éste, que con tanta facilidad tritura las menas a 48, 100 ó 150 mallas.

Si hay que pagar canon por flotación, claro está que afectará más a la solución C que a la A, pero no ha de ser este canon el que decida el asunto a favor de la solución A.

A pesar de todo, no opinamos que se debe ir con una instalación solo flotación a un distrito de menas de plomo, donde llevan las fundiciones muchos años tratando concentrados de gravedad. Los concentrados de flotación serán exageradamente depreciados.

Nosotros defendemos el esquema C, solamente por sí mismo.

## INFLUENCIA DE LA FLOTACIÓN EN LA METALURGIA DEL CINCO

Y no hemos de pasar de aquí sin que hagamos constar que la metalurgia del cinc debe principalmente a la flotación la aplicación industrial del procedimiento electrolítico para la obtención de este metal, prácticamente libre de impurezas, cuyas propiedades le han dado nuevas aplicaciones, y que pone en duda si en el porvenir la pirometalurgia del cinc podrá subsistir.

En la Sociedad americana THE ANACONDA COPPER MINING Co., al encontrarse en 1914 con una gran producción de concentrados de cinc obtenidos por flotación, que a causa de su fineza perjudicaba a las fundiciones, y en cambio se presentaban

en las mejores condiciones para su disolución después de tostados, operación con la que comienza el procedimiento electrolítico, se creó un estado de cosas que dió como resultado el que, al fin, la electrolisis fuese estudiada por hombres hechos en la industria, y, naturalmente, el procedimiento salió de los libros, donde estuvo 60 años, y ocupó su puesto en aquélla.

Podemos augurar que la flotación y la electrolisis formarán en el porvenir dos fases de un mismo procedimiento metalúrgico, que partiendo de la mena tal como nos la presenta la naturaleza, termine en la obtención del metal puro. El éxito de la electrolisis depende grandemente de la riqueza de los concentrados que trata, y por lo tanto de su pureza. La flotación, perfeccionándose continuamente, irá mejorando estos concentrados, y este hecho será el lazo que más unirá a estos dos métodos, para nosotros, repetimos, dos fases de un mismo procedimiento.

## TRATAMIENTO DE MENAS OXIDADAS

Aunque en ciertos casos puede la flotación separar unos minerales de otros sin ser sulfuros (nosotros hemos concentrado fosforitas de Logrosán que contenían 50 % de fosfato tricálcico, llegando a 80 % de este compuesto con extracciones de 94 %), es lo cierto que hoy, generalmente, este procedimiento encuentra dificultades insuperables para aplicarlo a menas no sulfuradas.

Este es el caso de los minerales oxidados.

Pueden, sin embargo, estos minerales sulfurarse mezclándolos con cierta cantidad de sulfuro de sodio, y tratarse económicamente por flotación, aunque en la mayor parte de los casos los resultados no sean tan brillantes como los que se obtienen en el tratamiento de menas de minerales originariamente sulfuros.

Las razones principales son tres :

Primera. Aunque los óxidos, carbonatos, sulfatos, etc., pueden sulfurarse, los sulfuros así formados conservan cierto aspecto semejante a los óxidos, carbonatos, sulfatos, etc., de que proceden, y son más o menos aptos para la flotación, según ese aspecto sea más o menos parecido al metálico. Así sucede que el carbonato de plomo, que tiene mucho brillo, aunque no sea de la naturaleza del que conviene a la flotación, forma un sulfuro que flota con mucha facilidad. En cambio, los óxidos de plomo, como los óxidos y car-

bonatos de cinc, que ofrecen un aspecto terroso, el peor para flotación, después de sulfurados, si alguna vez se consigue sulfurarlos convenientemente, flotan con dificultad extrema.

Segunda. Las menas oxidadas no son más que una descomposición de las menas primarias, de las que proceden. El hierro, que generalmente está presente en todas las menas, se oxida y sulfata. Estos compuestos consumen sulfuro de sodio, que es el agente que se usa para sulfurar en las instalaciones industriales, y el sulfato de hierro, sal soluble, es perjudicial para la flotación.

Tercera. En las menas oxidadas abundan los coloides, que consumen también sulfuro de sodio y perjudican la flotación.

La acción perjudicial de las sales solubles puede evitarse lavando la mena una vez triturada, o por medio del silicato de sodio.

Para sulfurar una mena se la mezcla con 1 a 3 kgs. de sulfuro de sodio por ton. a tratar, cuando haya sido triturada al tamaño de flotación, y preferiblemente estando espesada a 50 ó 60 % de sólidos. Esta sulfuración, que no es más que una especie de pintura de sulfuro que se extiende sobre cada partícula de mineral oxidado, se hace en tanques o agitadores, como los condicionadores.

El tiempo que dura esta operación varía de un minuto a varias horas, según los minerales.

Si en la mena hay una mezcla de minerales oxidados y sulfurados, éstos deben flotarse primeramente, haciendo la sulfuración solamente de los residuos de esta primera flotación. Obrando así, los sulfuros flotarán mejor y el consumo de sulfuro de sodio será más reducido.

El esquema más conveniente para el tratamiento de menas oxidadas es el A o el B, preferiblemente el primero. Las cribas y mesas recogerán partículas de mineral que no habían de flotar.

Las menas oxidadas que mejor se tratan son las de carbonato de plomo.

Cuando, además de carbonato, hay sulfato, óxido, arseniato, etcétera, la sulfuración es más dificultosa de hacer, y el rendimiento de la flotación desciende considerablemente.

Se tratan algunas menas oxidadas de plata y cobre, pero no se conoce un caso de menas oxidadas de cinc.

Por flotación se concentran en el mundo actualmente 2.500 toneladas por día de minerales oxidados.

## ALGUNOS DATOS SOBRE LAVADEROS DE FLOTACIÓN

Hay que considerar dos tipos de instalaciones : las que sirven para flotar un solo mineral o de flotación global, y las que flotan dos o tres, que se llaman de flotación diferencial.

### INSTALACIONES DE FLOTACIÓN GLOBAL

La fuerza consumida en los grandes lavaderos de menas pobres de cobre varía de 13 a 16 kwh por ton. a tratar, correspondiendo el 20 % a las máquinas de flotación, cuando éstas son de los tipos de mucho consumo, y solamente el 6 % cuando son de las de reducido consumo.

El precio de coste en estos tipos de instalaciones es en los Estados Unidos de 0,5 a 0,8 \$, o sea, de 2,5 a 4 pesetas, según el tamaño del lavadero (que son de 4.000 a 25.000 tons./24 h.) y según el precio de la fuerza, que oscila de 4 a 5 céntimos de peseta por kwh. Estos precios aumentan mucho cuando el lavadero es de 200 tons./24 h.

Teniendo en cuenta que en un lavadero de los que estamos hablando el consumo de fuerza supone de un 30 a un 40 % de los gastos totales del mismo, se comprende lo que afecta a estos gastos el precio de la fuerza. Con el precio del kwh de 10 céntimos, el precio de coste subiría a 5,5 ó 6 pesetas.

Cada una de las operaciones que se efectúan en un lavadero de flotación global intervienen en el precio total de coste en las siguientes proporciones :

Machacado . . . . .	14 %
Molienda . . . . .	35 %
Flotación . . . . .	20 %
Tratamiento de concentrados . . . . .	6 %
Transporte y decantación de estériles . . . . .	9 %
Agua . . . . .	3 %
Vigilancia, control y otros gastos . . . . .	13 %
TOTAL . . . . .	100 %

Estas proporciones pueden variar según los casos.

El número de tons. que se trata por operario es variable.

El lavadero de la LAKE GULCH, IDAHO, que es de 150 tons./24 h. y que trata una mena de 6 % Pb., tiene una «tripulación» de cinco hombres, y no vemos inconveniente que estos mismos hombres atendiesen a un lavadero semejante, pero de 600 toneladas (hecho con las mismas máquinas, pero mayores), resultando así 120 toneladas por operario.

Sin embargo, no nos fijemos en este dato, que sólo sirve para darnos una idea de la cifra a que en circunstancias excepcionales se puede llegar.

Los lavaderos de la PHELPS DODGE CORPORATION, todos último modelo, y cuya capacidad varía entre 2.000 y 4.000 toneladas, tratan 33 tons. por operario.

La superficie ocupada por estas instalaciones varía entre 3 y 5 m.<sup>2</sup> por ton. a tratar al día. En los lavaderos menores de 200 toneladas es mayor aún.

El costo de una instalación de este género es de 2.500 a 3.000 pesetas por ton. a concentrar.

Estos datos se refieren a los casos en que las menas tratadas no sean de una dureza extrema, y donde se machaca a 48 ó 60 mallas.

Cuesta más triturar 100 tons. a 100 mallas que 200 a 48.

#### FLOTACIÓN DIFERENCIAL

En estos lavaderos el costo es algo mayor, pues la pulpa se trata dos o tres veces, según sean 2 ó 3 los minerales que se separan; y son lavaderos más pequeños.

El consumo de fuerza por ton. oscila entre 20 y 28 kwh.

El precio de coste por ton. a tratar varía de 7 a 10 pesetas, con el kwh a 10 céntimos de peseta.

La proporción con que contribuyen a estos precios las distintas operaciones que se efectúan en este tipo de lavaderos, es la siguiente:

Machacado . . . . .	8,5 %
Molienda . . . . .	27,0 %
Flotación . . . . .	34,0 %
Tratamiento de concentrados . . . . .	10,0 %
Transporte y decantación de estériles . . . . .	7,0 %
Agua . . . . .	2,5 %
Vigilancia, control y otros gastos . . . . .	11,0 %
<b>TOTAL . . . . .</b>	<b>100 %</b>

Esta proporción, como en los lavaderos de flotación global, puede alterarse según la dureza de las menas, su riqueza, su mayor o menor facilidad para flotar, como también según las circunstancias particulares del terreno donde se sitúe el lavadero.

Se tratan de 15 a 30 tons. por hombre.

Los m.<sup>2</sup> de superficie ocupada por la instalación son de 3,5 a 6 por ton. a concentrar, o más en las pequeñas instalaciones.

El costo de una instalación de este tipo es de 3.500 a 5.000 por tonelada.

## ESQUEMAS DE LAVADEROS

Los que hemos mencionado con las letras A y B pueden servir de modelo para menas simples en que sus minerales vienen en cristales gruesos y hay interés en obtener por gravedad una parte de los concentrados.

El esquema de la INSPIRATION CONSOLIDATED COPPER Co. puede considerarse como clásico en menas de cobre pobres.

En él indicamos la instalación de machacadoras, contigua a los dos pozos de extracción, y una de las 21 secciones de que consta el concentrador.

En ella se ve la parte importante que desempeñan las mesas.

Esto es debido a que en estos lavaderos, por conseguir capacidad, se tritura de 8 a 15 % sobre 48 mallas, lo cual da tamaños que no pueden recuperarse sino por medio de mesas.

Los otros esquemas que damos son típicos, de flotación diferencial de plomo y cinc.

El de la SANTA CATALINA ISLAND Co., de 120 tons./24 h., es un lavadero de máquinas K & K.

El de la SILVER KING COALITION MINES Co., de 1.000 toneladas/24 h., de máquinas Mac-Intosh.

El de la REAL COMPAÑÍA ASTURIANA DE MINAS (27), de máquinas P. F. de 600 tons./24 h.

En este croquis hemos suprimido la parte de relavado de blendas, por dar a conocer uno típico de máquinas P. F., ya que los concentrados que dan estas máquinas suelen ser suficientemente ricos para que se pueda dispensar el relavarlos. Esto no quiere decir que en el porvenir otras entidades no hagan lo que



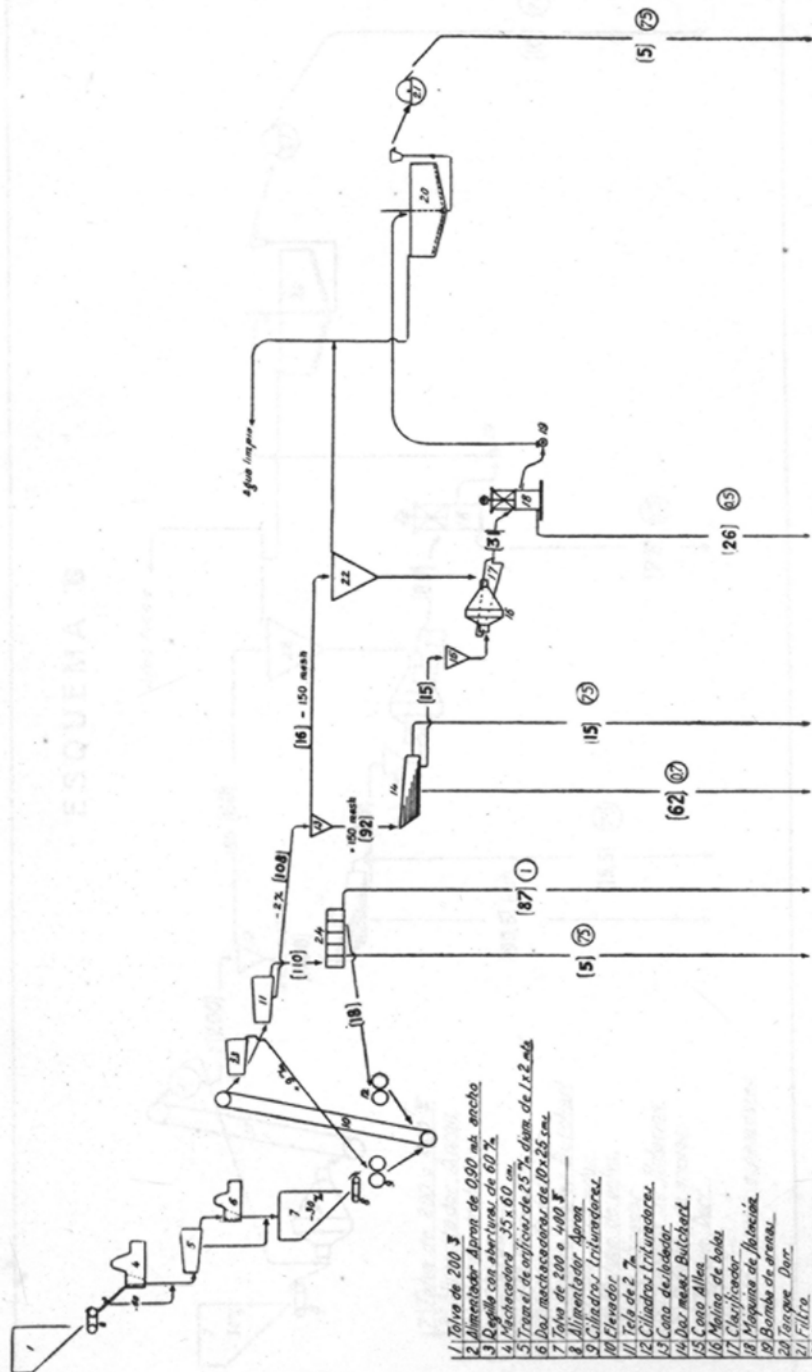
nosotros estamos haciendo ahora, o sea el relavarlos, sobre todo para ahorrarse fletes.

Y con esto damos por terminado nuestro trabajo, no sin antes expresar nuestro optimismo respecto a las nuevas aplicaciones que la flotación va a encontrar. Creemos que los fenómenos físicos en que se basa este procedimiento irán perdiendo importancia, y adquiriéndola cada vez mayor los químicos o pseudo químicos.

Esta suposición, que comienza ya a ser realidad, es, como hemos dicho, la que va a revolucionar la flotación en el sentido de que se usarán cada vez menos los productos oleaginosos y cada vez más los químicos, que son los que van a extender su campo de aplicación a toda clase de minerales, tengan o no el hasta ahora preciso brillo metálico.

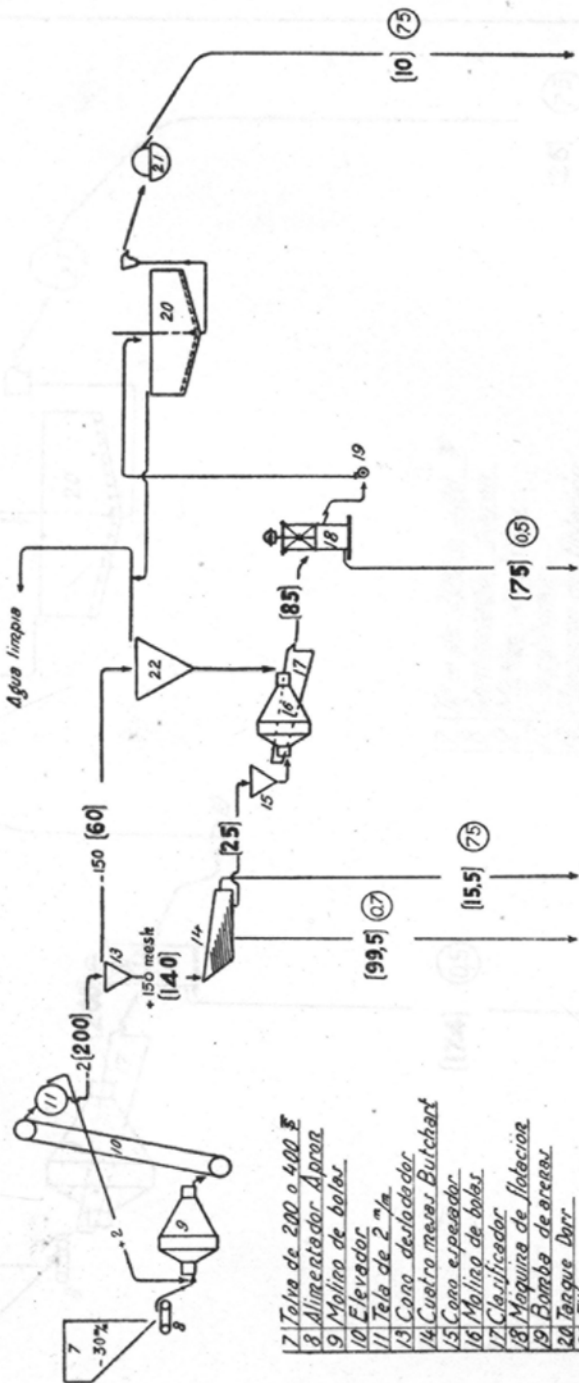
Si nuestra generación no ve como cosa natural la concentración por flotación de las fosforitas, calaminas y demás minerales, es que en la historia del desarrollo de este método los años transcurridos entre 1923 y 1929 habrán sido los de verdadero progreso en esta materia.

# ESQUEMA A



ESQUEMA B

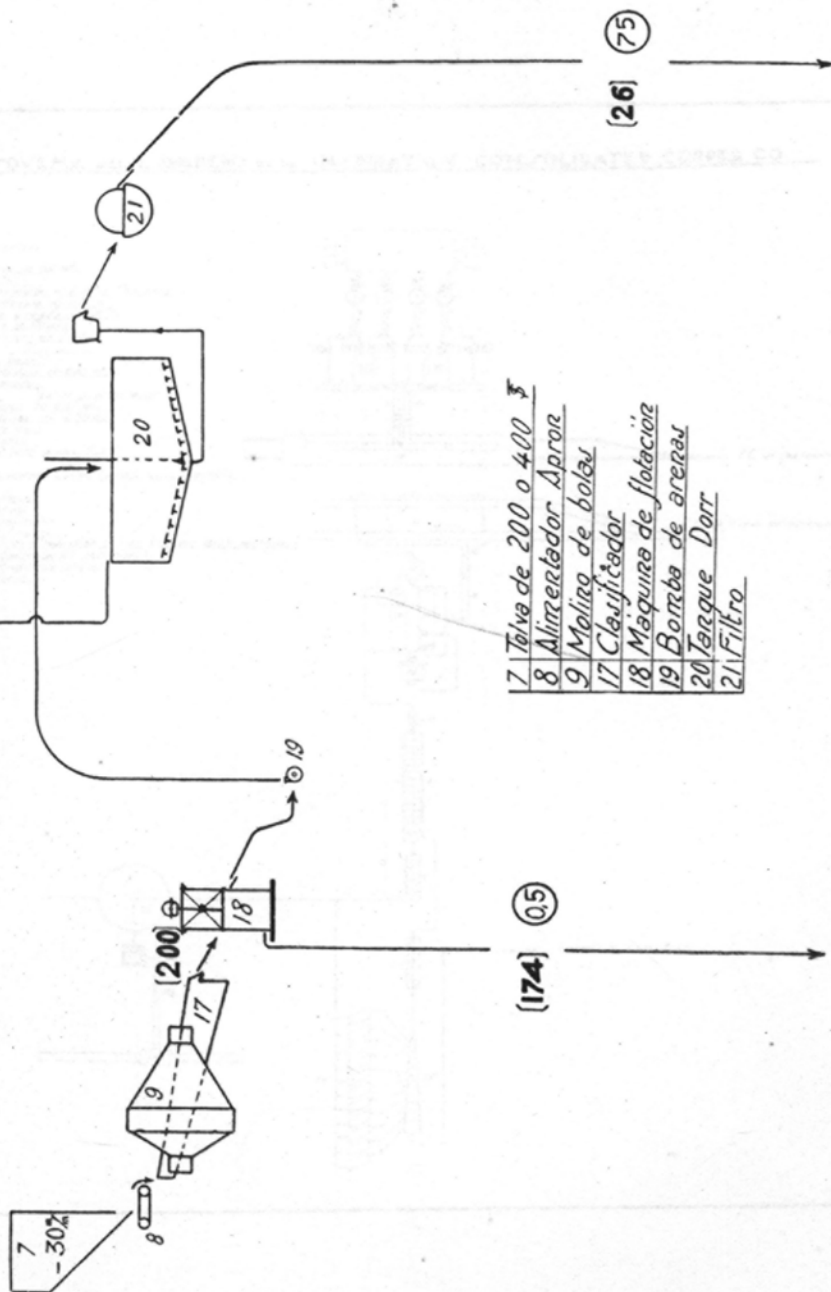
# ESQUEMA B



- 7 Torno de 200 o 400  $\text{kg}$
- 8 Alimentador Apron
- 9 Molino de bolas
- 10 Elevador
- 11 Tela de 2  $\text{m}^2$
- 13 Cono desbordador
- 14 Cusno mexas Butchart
- 15 Cono espesador
- 16 Molino de bolas
- 17 Clasificador
- 18 Máquina de flotación
- 19 Bomba de arena
- 20 Tanque Barr
- 21 Filtro
- 22 Tres conos espesadores

# ESQUEMA C

Agua limpia



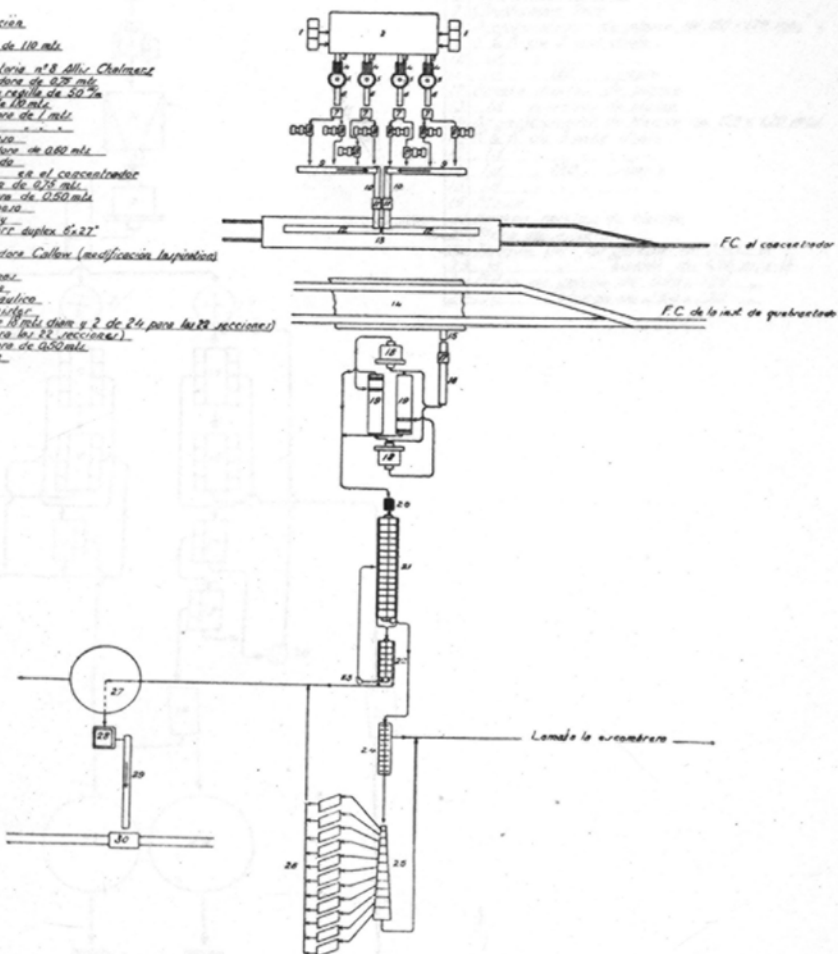
- |    |                      |
|----|----------------------|
| 7  | Tolva de 200 o 400   |
| 8  | Almirezador Apron    |
| 9  | Molino de bolas      |
| 17 | Clasificador         |
| 18 | Maquina de flotacion |
| 19 | Bomba de arena       |
| 20 | Tarquet Dorr         |
| 21 | Filtro               |

(174) (05)

(26) (75)

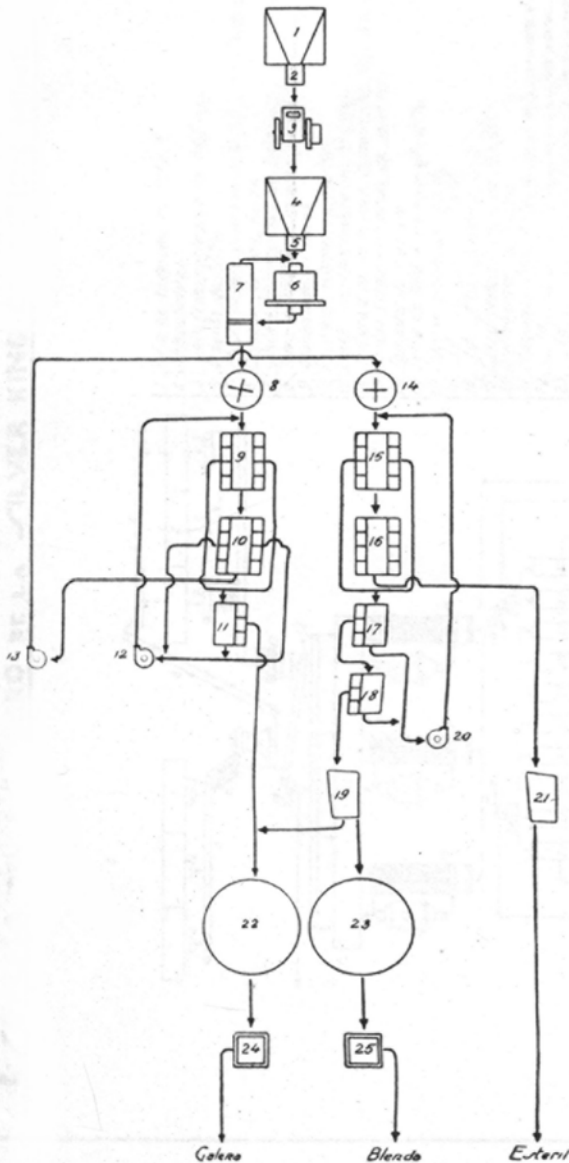
## ESQUEMA DEL LAVADERO DE LA INSPIRATION CONSOLIDATED COPPER CO

- 1) Pozo de extracción.
- 2) Tapa.
- 3) Remojador de agua de 110 ml.
- 4) Regilla de 75 %.
- 5) Mechadora giratoria n.º 8 Allis Chalmers.
- 6) Cinta transportadora de 628 ml.
- 7) Poleas magnéticas y regilla de 50 %.
- 8) Discos, limas de 18 ml.
- 9) Cinta transportadora de 1 ml.
- 10) Id.
- 11) Regulador de peso.
- 12) Cinta transportadora de 680 ml.
- 13) Tapa de mezcladora.
- 14) Id. en el concentrador.
- 15) Alimentador de agua de 678 ml.
- 16) Cinta transportadora de 0.50 ml.
- 17) Regulador de peso.
- 18) Molinos de Harco.
- 19) Cinta transportadora Dorr duplex 5.27".
- 20) Regilla.
- 21) Máquina distribuidora Callen (modificación inspirada).
- 22) Id. siguiente.
- 23) Id. bomba de agua.
- 24) Cinta clasificadora.
- 25) Clasificador hidráulico.
- 26) Molinos de Harco.
- 27) Tapa para 1.º de 18 poleas y 2 de 24 para las 22 secciones.
- 28) Tapa para 1.º para las 22 secciones.
- 29) Cinta transportadora de 450 ml.
- 30) Regilla a la fundición.

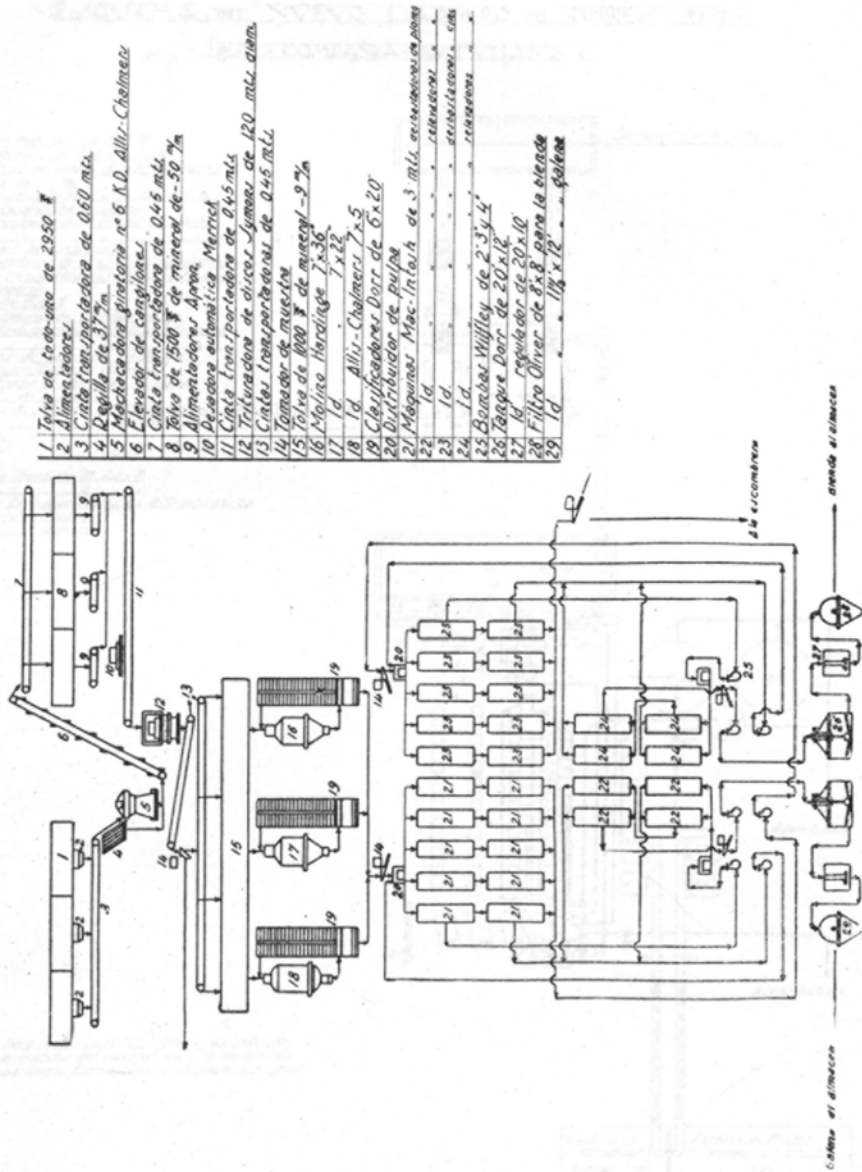


# ESQUEMA DEL LAVADERO DE LA SANTA CATALINA ISLAND CO

- 1 Tolya de todo-uno
- 2 Alimentador
- 3 Mechacadora
- 4 Tolya de mechacada
- 5 Alimentador
- 6 Molino Marcy 642
- 7 Clasificador Dorr
- 8 Acondicionador de plomo de 120 x 120 mls
- 9 K & K de 3 mts doble
- 10 Id . . . . .
- 11 Id . 180 . simple
- 12 Bomba mixta de plomo
- 13 Id . . . . .
- 14 Acondicionador de blenda de 120 x 120 mls
- 15 K & K de 3 mts doble
- 16 Id . . . . .
- 17 Id . 180 . simple
- 18 Id . . . . .
- 19 Mesa
- 20 Bomba mixta de blenda
- 21 Mesa de esteril
- 22 Tanque Dorr de galena de 3 mts Ø
- 23 Id . . . . .
- 24 Filtro de galena de 0.90 x 1.20
- 25 Id . . . . .



# ESQUEMA DEL LAVADERO DE LA SILVER KING COALITION MINE CO



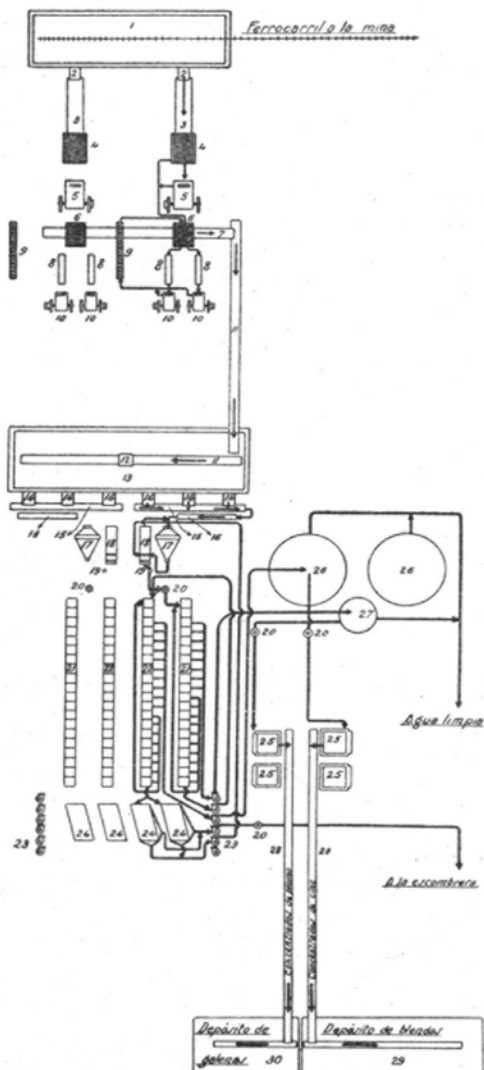
C. BARRA ET ASSOCIÉS

AVANCE S. 1910

**- ESQUEMA DEL NUEVO LAVADERO DE TORRE - 1927 -**

**- REAL COMPAÑIA ASTURIANA -**

- 1 Taba de todo-uno de 500  $\Phi$
- 2 Alimentadora de 0.50 mt. ancho
- 3 Cinta transportadora de 0.70 mt. ancho
- 4 Rodillo de 65  $\Phi$
- 5 Mochedora de gruesa de 0.35-0.6 mt.
- 6 Cierre de orificio de 30  $\Phi$
- 7 Cinta transportadora de 0.50 mt. ancho
- 8 Id
- 9 Regulador de caudales
- 10 Mochedoras de fino de 0.25 x 0.65 mt.
- 11 Cierres transportadores de 0.50 mt. ancho
- 12 Des-sacador
- 13 Taba de 300  $\Phi$
- 14 Alimentadora de 0.37 mt. ancho
- 15 Cinta transportadora de 0.50 mt. ancho
- 16 Id
- 17 Rodillos de balar de 8 x 38
- 18 Regulador "Dorr" de 1.5 mt.
- 19 Regulador de densidad de pulpa
- 20 Tamador de gruesa
- 21 Máquina de flotación de galena P.C. rub. A. Mat. 20 celdas 18"
- 22 Id
- 23 Bomba
- 24 de agua
- 25 filtrar
- 26 Tanque "Dorr" de 12 mt.  $\Phi$
- 27 Id
- 28 Cinta transportadora de 0.50 mt. ancho
- 29 Depósito de agua
- 30 Id galena



*NOTA. Para mayor sencillez solo se ha indicado la marcha del mineral en una de las dos unidades. En la otra es exactamente igual.*