



325699

17

ABR 1956



MEMORIA DESCRIPTIVA

Estimo que lo inventado por mí puede tener en el futuro otras aplicaciones en la industria minera o fuera de ella.

5

Este procedimiento se distingue de todo lo conocido y practicado hasta hoy en el mundo, en lo siguiente:

10

No existe procedimiento alguno, que permita tratar conjuntamente en una sola planta y en una sola operación, los minerales sulfurados y los no sulfurados. Sólo puede hacerse con mi invento, cuyas características más adelante explicaré.

15

Para confirmar lo que digo empezaré por citar el siguiente ejemplo: "Chuquicamata" (Chile) la industria cuprífera más grande del mundo que trata 100.000 toneladas diarias de minerales se vé obligada a tener dos enormes plantas, una para tratar los minerales con base sulfurada y otra para tratamiento de los con base no sulfurada. Al decir base sulfurada me refiero a minerales en los cuales la parte sulfurada está en mucho mayor proporción que la parte no sulfurada, y base no sulfurada significa lógicamente, gran dominio de la parte no sul-

20

325699

19 AB



furada sobre la sulfurada. Aunque "Chile Exploration Company " Empresa propietaria de Chuquicamata dispone de gigantescos capitales, no puede hacerlo de otra manera.

25

Como es lo corriente que siempre los minerales contengan ambos tipos de cobre u otro metal (sulfurado o no sulfurado) como se verá en los ejemplos que al final se detallan, aunque domine uno de ellos siempre pasará lo

30

siguiente: A) Las plantas de "flotación " en las cuales se tratan minerales con base sulfuradas y que utilizan por lo general aceite de pino para flotar pierden la parte no sulfurada que no flota y también cierta proporción de la sulfurada. B) Las plantas de "Lixiviación " en

35

las cuales se tratan los minerales con base no sulfurada y que utilizan casi siempre ácido sulfúrico diluido para disolver, pierden la parte sulfurada, que no se disuelve y también parte de la no sulfurada. Como consecuencia de ello, ninguno de los dos tipos de planta, recupera más del 70% del cobre u otro metal contenido en los minerales tra-

40

tados.

325699



Igual pasa en otras enormes industrias mineras de Chile, como "El Teniente " de propiedad de Braden Copper Company que trata 35.000 toneladas de minerales al día y "El Salvador " de propiedad de Andes Copper Mining con 25.000 toneladas diarias de tratamiento. Por lo demás igual cosa sucede en todas las industrias mineras del mundo.

Esto se debe a que ninguna de las plantas existentes en el mundo tienen procedimientos tan perfectos, que le permitan recuperar el 100 por 100 ni siquiera, del tipo de metal contenido en los minerales, para cuyo tratamiento fueron especialmente construidas. Sólo mi procedimiento recupera el ciento de ambos tipos de metales contenidos en los minerales y lo hace en forma fácil y rapidísima y en una sola planta y en una sola operación .

La imposibilidad actual de conseguir la total recuperación de ambos tipos de metales, se debe a que no existe en el mundo un disolvente que lixivie a los dos tipos de metales ya mencionados y en forma comercial. El "Agua Regia" tiene potencia para hacerlo, pero su uso acarrearía pérdidas en vez de utilidad, por lo cual se la usa en los traba-

325699



jos de laboratorio pero no industrialmente.

65 Se ha recurrido a tostar o calcinar previamente los minerales sulfurados, para eliminarles el azufre y hacerlos solubles, para lo cual se han ideado las tostaciones de los tipos oxidante, sulfatizante y clorurante y la calcinación en hornos especiales. Después de esos procedimientos largos, onerosos y complicados y que obligan a mantener largo tiempo determinadas temperaturas, adicionando además, materias extrañas a los minerales, Solo se elimina parcialmente el azufre, por lo cual al lixiviarlos después, la recuperación es altamente deficiente. No creo que nadie use tales métodos actualmente. Además hay muchas materias, que al estar en una proporción relativamente elevada en los minerales, dificultan y aún impiden la tostación o la calcinación.

70

75 Esto está ampliamente explicado en las Obras de las grandes eminencias científicas de la Química Industrial como Ullmann, Muspratt, Schnabel y Thorpe.

80 Mi procedimiento, no requiere ningún tipo de preparación previa tan complicada, de gran costo, y enorme pérdida de tiempo. Sólo es necesaria la molienda previa del mineral

325699

19

1965



a un tamaño de 1/4 de pulgada de diámetro más o menos y un ligero calentamiento, el que también puede ser eliminado bajo ciertas condiciones .

85

Este ligero calentamiento, hará que los pedazos de mineral, se disgreguen en partículas muchas veces más pequeñas, al escaparse a causa del calor, el azufre contenido en ellos, en forma de gas anhídrido sulfuroso. Los minerales totalmente no sulfurados en el caso muy improbable que se encuentren minerales así, se moleran a unas 20 o 30 mallas, ya que no habrá escape de azufre que los disgregue y después de calentados se disolverán en igual forma que los sulfurados, pero, en una solución de sulfúrico diluído al 10%, como es lo corriente y no en el disolvente ideal por mí,, por ser innecesario. Perú, considero que es muy difícil encontrar grandes cantidades de minerales totalmente no sulfurados.

90

95

100

Aunque la Ley de Metal Sulfurado no sea la dominante, siempre será aplicable el chancado a 1/4 de pulgada más o menos y la disgregación por calentamiento del mineral, pero mientras mayor sea la Ley sulfurada, mayor será el éxito

325699

129



obtenido. La molienda previa, constituye una exigencia común a todos los tratamientos de minerales y algunos como la flotación, deben moler a 200 mallas. En este caso no es una molienda sino un chancado del tamaño ya expresado, siempre que haya una Ley apreciable de metal sulfurado .

En la lixiviación corriente, el ciclo total (lixiviación y precipitación ) es de 7 a 8 días de duración y con mi procedimiento es de 3 a 4 horas, de manera que en el espacio de tiempo en que las plantas actuales hacen una operación total, yo hago más de 50. Además si el mineral contiene dos metales que interesen, como por ejemplo, cobre y plata en cualquier combinación posible de sus tipos, yo los disuelvo en forma conjunta y total, y los recupero después separadamente, precipitando primero la plata con cobre metálico y después de retirado el precipitado de plata, precipito el cobre con fierro metálico, recuperado en esta segunda operación, no sólo el cobre extraído al mineral, sino también el cobre que se consumió al precipitar la plata. Si hay en el líquido, otras materias

325699

19 ABR 1966



disueltas que no interesen, ellas no se precipitarán, pues los precipitantes usados, sólo actúan sobre la plata y el cobre respectivamente.

125 El uso de estos metales precipitantes, no constituyen novedad alguna, pero si no se pudiera disolver conjuntamente el cobre y la plata en todos sus tipos, no podría hacerse lo descrito, ni mucho menos con recuperación total. Se hace presente que a las soluciones producidas por mi disolvente, puede también aplicarse el procedimiento electrolítico de  
130 recuperación de los metales disueltos.

Los minerales sulfurados son lo más comunes en el mundo, pues los no sulfurados se encuentran sólo en cierta abundancia en forma superficial y siempre contenido alguna parte sulfurada, llegando después a la zona de transición, donde dominan los sulfuros y más a profundidad, éste  
135 dominio de los sulfuros es absoluto, Por eso mi procedimiento que es especialmente para disolver los sulfuros, con gran rapidéz y en forma comercial, es de enorme trascendencia. Las partes no sulfuradas, que puedan ir en combinación  
140 con los sulfuros, serán disueltas en forma instantánea, ya

325699

19



que en Química Analítica, los sulfuros han sido llamados "insolubles " y los no sulfurados "solubles " .

145 La reducción en el costo de las instalaciones es enorme, ya que una planta pequeña puede tener una considerable producción. Ejemplo: una planta que use mi procedimiento y que tenga solo capacidad de tratamiento de 10 toneladas de minerales, en cada operación produce tanto concentrado de cobre u otro metal que interese, como una capacitada para tratar 500 toneladas del mismo mineral en cada operación, con el método corriente, pues 150 en el mismo plazo en que la pequeña que usa mi invento hace 50 operaciones la otra sólo hará una .Podría enumerar otras ventajas de menor importancia, aunque siempre muy valiosas, pero ellas irán apareciendo más adelante. Por el momento, considero que con lo expuesto es 155 suficiente para poder apreciar la magnitud de mi invento y la novedad absoluta de él.

160 Para obtener estas extraordinarias ventajas y las otras que más adelante se verán, habrá que proceder como sigue:

325699

19 ABR. 1965



En un depósito de fierro corriente, de la debida  
resistencia y de la capacidad y forma que se desee se  
colocará el mineral a tratar previamente molido o más  
bien dicho chacado, al tamaño que se explica en el fi-  
165 nal del artículo 3º y se calentará el depósito con el  
mineral por cualquier método conocido, como carbón, pe-  
tróleo, electricidad etc. El depósito podrá ser de otro  
metal, pero de fierro será de menor costo. Si la Ley en  
metal sulfurado es muy poca, habra que moler a menor  
170 tamaño,

No se trata de tostar, pues no sólo no ha necesidad  
alguna de eliminar el azufre que pueda contener el mine-  
ral, sino que además, no es conveniente quitar el azu-  
fre a los minerales, pues con mi procedimiento, se trans-  
175 forma en ácido sulfúrico durante la disolución y cons-  
tituirá un elemento de ayuda en la lixiviación que se  
está efectuando. Además la tostación, es una operación  
de larga duración y con temperaturas sometidas a control  
Aqui se trata sólo de un calentamiento corriente, sin gra-  
180 duar temperaturas ni ningún otro tipo de control y ten-

325699

19 APR



drá una duración de una hora a lo sumo, pudiendo ser  
mucho menor mientras mayor sea la Ley en azufre del mi-  
neral y no tiene más objeto que producir en esa forma el  
calor necesario durante la lixiviación, como se verá  
185 más adelante y producir también la disgregación del mi-  
neral, el que queda reducido a partículas de tamaño  
irregular, pero siempre mucho más finas que original-  
mente. El azufre eliminado en una hora o menos de calen-  
tamiento, será sólo una pequeña parte del contenido en el  
190 mineral. Este calentamiento no será necesario, cuando los  
interesados decidan proceder como lo describo en el art.  
15 de esta Memoria. Este calentamiento previo del mine-  
ral a tratar, constituye novedad mundial absoluta.

Después del calentamiento se echa el mineral por me-  
195 dio de canaletas o buzones de fierro a un depósito li-  
xivador de madera, fierro u otro metal, revestido in-  
teriormente en Teflon, Neoprene, Hypalon o Vitón, mate-  
riales que se encuentran en todas partes hoy en día y  
que son de facilísima colocación en los depósitos. Este  
200 revestimiento, es indispensable sólo si el depósito es

325699

Nº 23



metálico. En los de madera puede usarse como mayor seguridad si se estima conveniente, pero no es de necesidad absoluta.

205 En dichos depósitos, desde antes de vaciar el mineral, habrá agua natural dulce o salada, conteniendo ácido sulfúrico industrial de 60º Baumé más o menos y en la proporción de 10% en volúmen en relación al agua.

210 Así, cada m<sup>3</sup> de líquido, tendrá 900 litros de agua y 100 de sulfúrico que equivalen a 180 kilos (densidad 1,8 ).El conjunto o sea agua y sulfúrico, no serán calentados en forma alguna, pero tendrán necesariamente, antes de vaciar el mineral al lixiviador, una temperatura superior a los 30º centígrados (32,35) debido al calor generado espontáneamente por la hidratación del ácido

215 sulfúrico. El agua y el sulfúrico en conjunto igual en volúmen al 80% del mineral que se variará en el depósito de lixiviación. Como dato ilustrativo diremos que 5 toneladas de mineral, molidos al tamaño en que queda el mineral después de calentado y disgregado, equivalen a 2 1/2

220 m<sup>3</sup> más o menos y que al colocar dos metros cúbicos de

325699

19



líquido y 2 1/2 m<sup>3</sup> de mineral y después de ser agitado el conjunto, un 40% del líquido queda bajo nivel y 60% sobre la superficie del mineral.

225

La caída del mineral caliente sobre el agua con sulfúrico originará un potente desarrollo de calor. Es conveniente dejar caer el mineral lentamente. Un agitador mecánico central, colocado en el lixiviador, dará movimiento constantemente a la masa (mineral y líquido). Las aspas del agitador esparciarán el mineral que no caerá de golpe al fondo del depósito, sino en forma de lluvia.

230

El agitador deberá poder retirarse del lixiviador suspendiéndolo, cuando llegue el momento de hacer la descarga de los rípios quedados en el fondo después de la disolución.

235

A medida que va cayendo el mineral, se vá agregando al líquido nitrato de sodio o de potasio (salitre de Chile) hasta completar una cantidad igual a los dos tercios en peso del sulfúrico contenido originalmente en el agua. Dicho nitrato, se colocará también por buzones o canales, que en este caso podrán ser de madera, a fin

240

325699



de que, como en la colocación del mineral, el personal  
no tenga que acercarse mucho al depósito mismo y pueda  
ser salpicado por partículas de la mezcla que reaccio-  
naré enérgicamente al colocar esta sal produciendo un  
245 mayor desarrollo de calor en el lixiviador. Aunque jamás  
en la práctica sucedió nada, el no acercarse mucho, es una  
precaución recomendada aunque no indispensable.

Inmediatamente después se empezará a agregar en  
igual forma cloruro de sodio (sal común) hasta comple-  
250 tar una proporción equivalente a la mitad del nitrato  
colocado antes, proporción que será en peso. La diferen-  
cia de densidad o peso específico entre ambas sales es  
insignificante. Ambas sales (nitrato y cloruro) pueden  
utilizarse en bruto o sea al estado natural (sin refi-  
255 nar). En todo el corto tiempo que demora la lixiviación  
funcionará el agitador central. La colocación del clo-  
ruro de sodio volverá a generar un aumento de calor  
considerable.

Podría creerse que el calor proporcionado por el mi-  
260 neral previamente calentado, por la hidratación del



325699

265 ácido sulfúrico y por la posterior colocación de las sa-  
les, no fuera suficiente para mantener la temperatura nee-  
cesaria durante toda la lixiviación y que hubiera que  
recurrir a otros medios de calentamiento tales como el  
agregar después de estar en marcha la lixiviación, otra  
270 dosis de ácido sulfúrico, lo que produciría un violentí-  
simo desarrollo de calor, pero, las reacciones son tan  
potentes y sostenidas que no ha sido jamás necesario  
recurrir a éste u otros medios generadores de calor, du-  
rante el cortísimo tiempo que demora la total disolución.

La conjunción de los tres elementos adicionados al  
agua (sulfúrico y las dos sales ), produce un líquido  
tanto o más potente que el Agua Regia e inmesamente más  
barato, el cual disolverá con extraordinaria rapidez, la  
275 totalidad de los metales contenidos en los minerales,  
para ser después recuperados del líquido sólo los que  
interesan. Hay algunas materias entre ellas la sílice,  
que no entran en disolución, pero esto, constituye un  
beneficio, pues todas ellas son sin ningún valor y al  
280 no disolverse economizan lixivante.

325699



Como hay precipitantes, distintos para las diversas materias que pueden disolverse, es fácil recuperar sólo las que interesen.

285 Cualquier tipo de nitrato o cloruro serviría, pero, los mencionados y utilizados ya en todas las experiencias, son los más abundantes y de menor costo. En cuanto al revestimiento interior, recomendado para los depósitos metálicos, resistirá perfectamente, ya que no habrá fuego o calor directo. Casi todos los tipos de madera, resisten por tiempo indefinido sin necesidad de revestimiento interior alguno. Se trata de maderas naturales sin preparación extraordinaria previa. Además hoy en día se está fabricando en Chile, una madera llamada "Internit" o "Madera Mineral" de enorme resistencia y especial  
290  
295 por lo tanto para revestimiento interior de depósitos que no tengan esa resistencia al estado natural. Seguramente en otros países habrá también muchas maderas naturales o especialmente mejoradas, que puedan resistir.

300 Como ya se ha dicho, durante la lixiviación, el azu-

325699

19



fre contenido en los minerales, serán transformados en a  
ácido sulfúrico. Se deja constancia de que a pesar de que el  
el "Agua Regia ", está constituida por los ácidos nítri-  
co y clorhídrico, puros o concentrados, mezclados en  
305 determinadas proporciones, mi disolvente que contiene  
más de 80% de agua natural, es tanto o más potente que  
ella. Si le agregamos al agua de cristalización conteni-  
da en las sales y consideramos además el hecho de que el  
sulfúrico industrial de 60º Baumé, no tiene cien por  
310 cien de pureza , llegaremos a la conclusión de que hay  
más de 85% de agua en mi disolvente. Y a pesar de ello  
es tanto o más potente que el Agua Regia, formada por  
ácidos puros, lo que se debe a que el disolvente produ-  
cido por mi combinación se está generando naciendo sobre  
315 el mineral en tratamiento y que además la combinación  
de los tres elementos se producen en forma fulminante  
y violenta, a causa de combinarse las materias en calien-  
te. De consiguiente, mi disolvente no un material prefa-  
bricado como el "Agua Regia" .

320 La enorme diferencia entre una materia prefabricada

325699



o al estado natural y la misma al estado naciente, se verá claramente con el siguiente ejemplo: El Ingeniero norteamericano Señor Wendel F. Moore, ideó un aparato para vuelos individuales, el que aún se encuentra en el período experimental, a pesar de haber ya efectuado cortos vuelos el piloto Señor Harold Graham y otros más. En un aparato que se lleva a la espalda como una mochila y fuertemente sujeto al cuerpo, va un depósito conteniendo peróxido de hidrogeno (agua oxigenada). Esta se deja pasar a través de tenues pantallas de plata. La plata, actuando como catalítico, descompone el peróxido de hidrógeno en oxígeno naciente y en agua. Este (el oxígeno naciente) genera un tremendo calor que vaporiza el agua. El vapor resultante sale por dos lanzachorros, proporcionando un empuje de 300 libras, lo que hace elevarse al individuo que porta el aparato, hasta unos 100 metros y mediante ciertos elementos, aprovecha el empuje para efectuar un corto recorrido, que hasta hoy alcanza unos 300 metros. El descenso se controla después por dispositivos especiales.

325699

1938

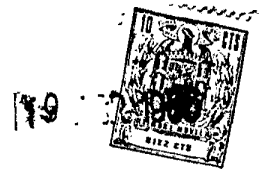


Como se comprenderá el oxígeno natural o corriente  
jamás produciría un efecto ni remotamente parecido, al  
oxígeno naciente el que por su potencia es llamado tam-  
bién oxígeno atómico. Mi disolvente al igual que el oxi-  
345 geno atómico actúa también al estado naciente.

He ideado otras maneras de efectuar la lixiviación  
y ellas son las siguientes -A- después de calentar el mi-  
neral (una hora o menos ) se agrega sobre el mineral ca-  
liente, el nitrato y después de seguir calentando unos  
350 10 minutos, se echa el mineral con este nitrato al depó-  
sito lixivador, conteniendo como ya se ha dicho, agua  
y sulfúrico. La reacción será violentísima y con gran  
desarrollo de calor. El mineral con nitrato, se irá va-  
ciando lentamente y simultáneamente se irá agregando el  
355 cloruro al natural o sea en forma de sal en frío y por  
parcialidades a medida que vaya cayendo el mineral con  
nitrato. La colocación del cloruro aumentará el desarro-  
llo de calor. Siempre habrá el agitador central en el depó-  
sito lixivador.

360 Puede también calentarse el nitrato separadamente

325699



365 y en seguida antes o después de licuarse (con un calentamiento algo prolongado el nitrato se disuelve) vaciarlo por parcialidades junto con el mineral caliente que se irá vaciando poco a poco e inmediatamente después de vaciado todo el mineral y el nitrato, se agrega el cloruro al estado natural y en frío.

370 También pueden calentarse previamente y por separado el nitrato y el cloruro y vaciar primero el nitrato conjuntamente con el mineral y el cloruro inmediatamente a continuación. En esta forma, en la cual hay que tomar ciertas precauciones a causa de las violentísimas reacciones producidas, se puede economizar de un 40 a un 50% de los materiales disolventes, o sea, dosificarlos en esa menor proporción en relación con lo explicado en los arts. 7, 8 y 9.

375

380 Tratándose de minerales totalmente no sulfurados (si los hubiere) o con gran dominio de la parte no sulfurada, en los cuales se decidiera perder la pequeña parte sulfurada, se molerá el mineral, a una 20 ó 30 mallas y después de ser calentado se le agregará

325699

19



rá nitrato o cloruro y pasados unos 10 minutos de colocada una de estas sales, se vaciará el mineral con la sal al lixiviador con sulfúrico diluido. El agregado de una de estas sales acelerará enormemente la lixiviación.

385 La sal elegida irá en la proporción del 1 al 3% del mineral en peso. También puede calentarse la sal separadamente y vaciarla al lixiviador a medida que se hace lo mismo con el mineral caliente. El agregado de la sal elegida, economizará de 40 a 50% de sulfúrico, lo que es beneficioso pues ambas sales son de mucho menor costo que

390 el sulfúrico.

Terminada la lixiviación o disolución el líquido con el metal o los metales disueltos, pasará por buzones o canales de madera provistos de filtros a un depósito de precipitación, el que será de fierro u otro metal o de madera. Si es metálico tendrá que tener el revestimiento interior, que se menciona en el artículo 7º

395 Los pipios que quedan en forma de fango en el fondo del depósito de disolución y que están formados por las materias que no se disolvieron, como sílice y otras, deben

400

325699

19 APR 1966



ser lavados una o dos veces con agua natural, para retirar de ellas el metal disuelto y la parte de disolvente que tien que quedar necesariamente en ellos, ya que en dicho fango hay líquido y en dicho líquido metal disuelto y también disolvente. Estas aguas de lavado pasarán también por las canaletas con filtros al precipitador, para recuperar de ellas el metal disuelto contenido en una operación conjunta con el líquido pasado anteriormente del lixiviador al precipitador (comienzo del presente artículo ). Servirá además para reemplazar el agua evaporada durante la lixiviación evitando así que la escasez de líquido en el precipitador pueda producir una excesiva concnetración del metal disuelto, lo que dificultaría la precipitación. Ejemplo: líquido con metal disuelto hasta llegar a la saturación impide la precipitación. Hay que hacer notar que a la inversa la evaporación producida en el lixiviador no perjudica ya que al evaporarse agua en el lixiviador se irá aumentando el grado de concentración del disolvente pues este no se evapora junto con el agua y de consiguiente a mayor

19 ABR



325699

concentración, mayor potencia disolutiva. Para evitar una excesiva concentración de metal disuelto en el lixivador, el líquido tiene originalmente como ya se ha dicho, casi igual colúmen que el mineral. La filtración del líquido al pasar del lixivador al precipitador puede hacerse por medio "lana de vidrio " y otro método adecuado.

Si se trata de soluciones de cobre, el cual puede precipitarse con fierro metálico, de plata con cobre metálico, de estaño con zinc, etc. se calienta previamente el metal precipitante colocándolo sobre parrillas o en hornillas etc. y se calefacciona con madera carbón, petróleo, u otro material y se vá colocándo después de estar bien caliente, en el interior del depósito de precipitación, ya cargado con el líquido con el metal disuelto. La colocación se hará por parcialidades para mantener e ir aumentando el calor generado en esta forma. Habrá un dispositivo central en suspensión, que se pueda poner y quitar, algo así como una jaula abierta en su parte superior, para ir colocándo allí el material

325699

19 MAR 1960



precipitante a fin de que este no dañe el revestimiento interior si hubiere tal revestimiento. Proceder en esta forma es mejor, ya que a la temperatura producida, el metal precipitado no se adhiere al metal precipitante, como es  
445 lo corriente, sino que se vá en estado libre al fondo del depósito en que se precipitan y es por lo tanto conveniente que dicho fondo esté desocupado.

Puede colocarse precipitante en exceso, pues sólo se consumirá lo necesario, quedando el saldo para otra  
450 operación, ya que hay una equivalencia más o menos fija, entre el precipitante consumido y el metal precipitado. En mi caso se consume un kilo de fierro para precipitar un kilo de cobre fino y sirve para ello cualquier tipo de "chatarra" o desperdicio de fierro. Como puede colocarse precipitante en exceso jamás faltará el calor necesario. Además al colocar el metal precipitante bien  
455 caliente se produce una precipitación casi fulminante, lo que no sucede con este material en frío.

En las materias que no tiene precipitante metálico  
460 como por ejemplo el oro que se precipita con sulfato fe-



19

325699

rroso, con protocloruro de estaño etc. o el níquel, cobalto, zinc, antimonio, manganeso, etc. que se precipitan con sulfuros o carbonatos alcalinos, los cuales deben ser disueltos antes de ser usados, también pueden colocarse calientes, ya que en frío no se disuelven sino en muchas horas y en caliente en minutos. Como el líquido con el metal disuelto ya viene caliente desde el lixiviador, el colocar por parcialidades el precipitante a alta temperatura (ebullición) es más que suficiente para mantener bastante calor durante la precipitación, la que como ya se ha dicho anteriormente es casi fulminante. Además para una precipitación así bastan 50 a 60° centígrados. Es conveniente mover ligeramente el líquido mientras va cayendo el precipitante lo que puede hacerse con una paleta de madera accionada a mano. Aún podría colocarse dentro del líquido y sólo con el objeto de mantener el calor trozos de materia inatacable previamente calentados. Se colocarían en suspensión dentro del líquido para no dañar la madera o el revestimiento interior si lo hubiera. Esto se explica solamente como dato ilustrativo, pues nunca

465

470

475

480

325699

19 MAR 1953



hubo necesidad de hacerlo.

La precipitación en caliente tiene grandes ventajas, tales como la enorme economía de tiempo (minutos en vez de días) y además la obtención de precipitados con  
485 mayores leyes de fino, a causa de que a esa temperatura, no se forman muchas impurezas, como sales básicas de hierro u otras, las que al mezclarse con el material precipitado, reducen grandemente sus leyes de fino, las que en vez de ser, en cobre por ejemplo de 90% o más sólo serán  
490 de 60 a 65%. Es sabido que los carbonatos o sulfuros alcalinos, como también el hidróxido de sodio y otros precipitantes no metálicos producen hidratos, carbonatos, etc. pero no precipitados al estado metálico.

Por lo demás los más importantes metales como el  
495 cobre, la plata, el estaño, el titanio, platino y otros tiene precipitantes metálicos que permiten obtener en la forma ya descrita precipitados también metálicos y en forma casi instantánea. El oro, también se precipita con sulfato ferroso, al estado metálico y este precipitante  
500 también puede ser previamente calentado .



El calentamiento previo del metal o material precipitante constituye novedad absoluta .

505 Los depósitos de calentamiento del mineral y los de lixiviación y precipitación, estarán colocados en gradiente, para facilitar el paso del material del uno al otro y estarán montados sobre firmes soportes, teniendo un mecanismo de volteo que permita inclinarlos lentamente, lo que se consigue fácilmente por medio de un sistema de "tornillo sin fin " lo que no constituye novedad alguna.

510 Son preferibles muchos depósitos chicos y no pocos y grandes. Así es más fácil agitar la masa (mineral y líquido en el lixivador y también dar movimiento a los depósitos (inclinarlos). Estimo como chicos depósitos de capacidad de 6 a 8 toneladas, lo que en mineral del tamaño

515 original ya descrito y después de disgregado equivalen en volumen a 2,4 y 3,2 metros cúbicos más o menos respectivamente. Es lógico que también puede ser más chicos o más grandes. Los depósitos pueden ser de cualquier forma y no son parte del invento.

520 Las "Aguas Madres " o sea, las sobrantes después de

325699

19 15



precipitar de ellas el metal o los metales que interesan  
pueden ser usadas nuevamente en varias operaciones de li-  
xivación sucesivas después de la inicial (3 a 4 veces )  
y en estas nuevas lixivaciones sólo será necesario adi-  
525 cionarles disolventes frescos en la proporción de 40 a  
50% en relación con la operación inicial. El uso del di-  
solvente en varias operaciones sucesivas, con materiales  
frescos en menor cantidad que la original, significa una  
considerable economía en los costos de producción y es  
530 algo perfectamente comprobado, debiéndose a que las agua  
madres al ser dosificados los disolventes en la operación  
inicial en la proporción indicada en los art. 7,8, 9 y  
11 quedan aciduladas después de la primera operación y  
siguientes. Además como se ha dicho el azufre conteni-  
535 do en los minerales se transforma en ácido sulfúrico du-  
rante la lixivación. Después de esas tres o cuatro ope-  
raciones siguientes a la inicial se volverá a usar agua  
nueva y disolventes frescos en la proporción de la pri-  
mera operación de la serie y así sucesivamente en las  
540 series venideras.

325699

19 ABR.



El fierro extraído al mineral y el usado para precipitar, en el caso de haber usado dicho metal como precipitante, pueden ser recuperados de la solución en forma de óxido de fierro. Este óxido de fierro calcinado en hornos especiales hasta que tome color rojo vivo (originalmente tiene color café ) produce óxido rojo de fierro de gran valor comercial. También puede ser calcinado en hornos acompañado de carbón de madera y magnesia en determinadas proporciones (magnesia en cantidad mínima ). Así se le elimina el oxígeno, dejándolo al estado de fierro metálico de numerosas y valiosas aplicaciones industriales de todos conocidas.

También puede usarse como precipitante del cobre y del estaño, dejándolo caer en forma de fina lluvia, después de ser calentado, sobre soluciones de dichos metales. Este tipo de fierro es el llamado "fierro reducido " .

Todos los minerales sulfurados tienen leyes apreciables de fierro también los no sulfurados, de manera que siempre habrá fierro que recuperar. Esta recupera-

325699

19



ción puede hacerse en varias formas : A) Cuando por  
ejemplo, como consecuencia de varias precipitaciones  
sucesivas de cobre, en las cuales solo se recupera  
este metal y no el fierro disuelto, la solución se  
565 vá recargando de fierro, hasta que este metal está  
en tal abundancia en la solución que se precipita es-  
pontáneamente junto con el cobre, sin que para esta  
precipitación del fierro, se use precipitante alguno. Pa-  
ra que esto suceda no debe haber materias ácidas en  
570 estado libre en la solución, situación que es fácil  
producir artificialmente si se desea, neutralizando las  
materias ácidas. Como los precipitados de cobre y oxido  
de fierro son de distinto color (rojo y café ) y de  
diferente peso específico (más pesado el cobre ) pueden  
575 separarse por lavados sucesivos con agua natural. En la  
práctica 5 a 7 lavados son suficientes y como es fácil  
conseguir en cualquier parte, agua sin costo, esto será  
un buen negocio. Esta precipitación puede también pro-  
ducirse sin necesidad de provocarla voluntariamente,  
580 cuando se recarga grandemente la solución con fierro

325699

19



y esto coincide con el hecho de no haber materias ácidas  
libres en la solución en ese momento. B) También puede  
precipitarse el fierro de las aguas madres después de  
haber sido utilizadas éstas tres o cuatro veces después  
585 de la operación inicial y no se vaya a usar más de ellas  
en futuras lixiviaciones. Mediante calentamientos se eva-  
poraría gran parte del agua, aumentando el grado de con-  
centración del fierro en la solución, hasta producirse la  
crisis de la precipitación espontánea, para lo cual debe  
590 concurrir la circunstancia ya anotada en la letra -A-.  
Esto en el caso de que no se hubiera verificado en la  
forma explicada en la letra anterior C) Como también  
puede hacerse si se desea varias lixiviaciones sucesi-  
vas sin precipitar, o sea, enriqueciendo la solución en  
595 el metal o metales deseados y precipitar solo después  
de esas varias lixiviaciones efectuadas con las mis-  
mas agua madres y aguas de lavados de los ripios de las  
operaciones anteriores. Se puede producir también en ese  
caso la precipitación espontánea del fierro por gran re-  
600 cargo de este metal en la solución. Siempre bajo la exigen-

325699



cia ya dicha, relacionada con materias ácidas libres.

605 Al recuperar el fierro de la solución, es posible prolongar la "vida activa " de las aguas madres que quedan exentas de él y facilitar así su uso con muchas más operaciones que las ya establecidas en el artículo 12 de esta memoria. Este uso podría llegar a un número ilimitado de veces con enorme economía de disolvente.

610 Las aguas madres cuando ya se resuálva no usarlas más en nuevas lixiviaciones, pueden tener dos aplicaciones interesantes a saber: A) Para regar con ellas los minerales sulfurados ya molidos o chancados que han de ser lixiviados posteriormente. La acción de estas aguas madres sobre el mineral facilitarían grandemente la disolución y economizará tiempo y disolvente B) Cuando 615 los minerales tengan materias calizas en cantidad excesiva, puede extraerseles la cal, sometiendoles como en el caso anterior, después de molido y antes de la lixiviación a la acción de las aguas madres, las que aún pueden diluirse previamente en agua natural para aumentar 620 su volumen. Si a pesar de ello lograran captar algo

325699



19

BR. 1900

de las partes no sulfuradas que pudiera tener el mine-  
ral, eso no sería perjudicial pues se recuperaría por  
precipitación. En cambio la eliminación de las excesi-  
vas materias calizas significa gran economías de disol-  
625 ventes. Son dos aplicaciones iguales, con fines más o  
menos parecidos. Lo expuesto en las letras A y B pue-  
de hacerse con eliminación previa del fierro o no. En los  
países en los cuales existan grandes cantidades de sul-  
fato ferrico natural como en Chile, puede usarse este  
630 material disuelto y filtrada su solución, con los fines  
ya mencionados (eliminación de materias calizas.

Todas las cosas enumeradas en este artículo, se men-  
cionan como antecedentes ilustrativos, que no figuran  
en las reivindicaciones, pero que sirven para hacer  
635 ver cuantas cosas derivadas del invento mismo, podrían  
ser puestas en prácticas, siendo todas ellas muy valio-  
sas y de fácil ejecución.

Todo lo explicado en los artículos anteriores po-  
drán hacerse también en la siguiente forma -A) Habien-  
640 do depositas de fierro acero u otro metal revestidos



interiormente en un material especial que resistan el calor directo y la acción del disolvente, se podría usar de ellos para disolver o lixiviar el mineral a calor o fuego directo sin calentamiento previo de dicho mineral, después de la molienda y antes de la lixiviación, utilizando para calefacción directa del depósito de lixivación, carbón, petróleo, electricidad, etc. y precipitando después en depósitos de esa clase y también a calor directo B) Se echará el mineral en frío el que en este caso deberá estar molido a 60 mallas o más, debido a que no habrá la disgregación producida por el calentamiento previo del mineral, al lixiviador que contendrá agua y sulfúrico como ya se ha explicado y se iniciará el calentamiento del depósito conteniendo la masa (mineral y líquido y después de cierto tiempo se agregarán las sales (nitrato y cloruro) en la proporción y orden ya dicho. Habrá siempre un agitador central y se mantendrá el calentamiento hasta el fin de la lixiviación.

También podría echarse el mineral frío o caliente sobre el líquido ya caliente e ir colocando el nitrato

325699 19.3



conjuntamente con el mineral. La precipitación se haría c  
calentando el depósito con su contenido líquido y con  
metal disuelto y colocando después el material preci-  
pitante frío o caliente y manteniendo hasta terminar la  
665 precipitación. En esta forma se procedería también en la  
precipitación de las materias sin precipitante metálico  
C) Hoy en día en Estados Unidos de Norteamérica y tal  
vez también en otros países de gran adelanto industrial,  
hay depósitos de acero revestidos interiormente en vi-  
670 drio especial, pero tienen un costo enorme. Según dos  
fabricantes norteamericanos con quienes he tenido co-  
rrespondencia, sus depósitos de acero revestidos in-  
teriormente en un vidrio especial llamado "Glascote"  
resiste todo calor directo y también el "agua regia" .  
675 Se les dijo que eran para usar "agua regia " a fin de  
no tener que darles detalles del disolvente. Pero el  
revestimiento interior no resiste golpes, pues, después,  
de todo es vidrio y si sufriera deterioros no tendría  
arreglo. Un depósito de capacidad de 3 m<sup>3</sup> vale cerca de  
680 70.000 dólares con su agitador ventral y motor para



accionarlo. En el caso que dicho material resistiera, como dicen los fabricantes, podría pues procederse con o sin calentamiento del mineral y del precipitante, cuando haya depositado de este material a precios razonables, pero conseguir estos depósitos a bajo precio me parece muy problemático por ahora y quizás sea también problemático a largo plazo.

Por eso considero lo extensamente explicado en los artículos anteriores, como superior y además con instalaciones a bajo costo y durables, las cuales aunque tuvieran que ser de vez en cuando sometidas a reparaciones, no originarían grandes gastos. He mencionado este último sistema de proceder, en que puede suprimirse el calentamiento previo de los minerales y también de los materiales precipitantes, como un dato ilustrativo y para explicar que también podría hacerse así cuando ello sea posible.-

Unos pocos ejemplos de experiencias realizadas con minerales diversos en mediana escala, servirán para puntualizar más lo explicado anteriormente : A)

325699

19 AB



705 Se trató mineral de "La Africana " cerca de Santiago de Chile, de propiedad de Santiago Mining Company, con ley de 7,5% en cobre total, de los cuales 6% sulfurado, al estado de calcopirita y 1,5% no sulfurado al estado de "malaquita " (carbonato ) con 25% en fierro y 28 de azufre. En 65 minutos se obtuvo recuperación total. El plazo de tres o cuatro horas expuesto antes en esta memoria, es para tratamientos en mayor escala, o sea, muchas toneladas en cada vez (escala industrial ) B) Mineral de la provincia de Coquimbo (Chile ) que ensayado dió 710 3% en cobre tipo calcopirita (Sulfuro ) y 350 gramos de plata por toneladas del tipo argentita (Sulfuro ). En 50 minutos recuperación total . C) Concentrados de cobre producidos por flotación de "El Teniente " en Rancagua (Chile ) de propiedad de Braden Copper Company, 715 con 33% en cobre al estado de calcopirita, o sea, todo sulfurado, pues las partes no sulfuradas no flotan. Tenía además 32% en fierro y 33% en azufre, más 2% de sílice. Después de 55 minutos de tratamiento dió como 720 residuo el 2% de sílice que como ya se ha dicho no se

325699

19



disuelve. Con precipitación demoró 64 minutos. Todo esto a pesar de las grandes leyes del cobre que no se encuentran jamás como "común" en minerales corrientes (sin concentración previa ) D) Relaves (ripios sobrantes)

725 de la Compañía Minera "Montserrat" (Bolivia) con 2,8% en estaño, al estado de "estañita" (sulfuro) y 180 gramos de plata por toneladas al estado de "argentita" (sulfuro) .Después de 60 minutos de tratamiento dió recuperación total. Las leyes de estos rípios demuestran

730 la falta de recuperación total de los métodos actuales, pués, después de tratados los minerales, quedó ese saldo de estaño y plata sin recuperar en los relaves o rípios sobrantes. Se hace presente que esos relaves no pudieron ser tratados antes en forma alguna. para recuperar

735 los metales sobrantes del primer tratamiento. E) Mineral de cobre de la Compañía Chilena "Disputada", con 2,75% en cobre total, del cual 2,10% calcopirita, o sea, sulfuro y 0,65% en malaquita (no sulfurado) .En 40 minutos de tratamiento recuperación total F) Mineral de Coquiempo (Chile) con 185 gramos de oro por

740

325699



toneladas .Después de 60 minutos recuperación total

745 G) Mineral de Atacama (Chile ) con ley de 2,75% en cobalto, de los cuales 2% al estado de "cobaltita " (sulfuro ) y 0,75 % al estado de "Absolana " no sulfurado. En 40 minutos dió recuperación 92 % y repetido el tratamiento por 55 minutos dió recuperación total

H) Mineral de plata, de Huantajaya (Chile ) con 500 gramos de plata por toneladas al estado de argentita. En 60 minutos recuperación total. I) Mineral de Antofagasta (Chile ) con 6,5% en cobre total del cual 3,5 %

750 al estado de "bornita " (Sulfuro ) y 3% al estado de "atacamita " u Oxiclورو ( no sulfurado ) Después de 50 minutos recuperación total.

Se hace presente en las experiencias A,B, C, y

755 E, se trató calcopirita que es el sulfuro de cobre más difícil de disolver. Se han hecho centenares de experiencias más con todas clase de minerales y combinaciones de diversos tipos de ellos, de distintas procedencias, con distintos componentes también y siempre cuando en determinado número de minutos no se ha

760

325699

18 APR 1956



conseguido la recuperación total, al repetirse la operación prolongando el tiempo de tratamiento un poco más, siempre se ha conseguido la recuperación completa.

765

Después de redactado lo anterior se trató minerales de "titano" metal de gran valor en la preparación del llamado acero titano de extraordinaria resistencia. En la primera experiencia, de 50 minutos de duración, recuperación 86 % y en la segunda de 65 minutos recuperación total.

N O T A

770

La Patente de Invención que por veinte años se solicita para España y sus posesiones deberá recaer sobre las siguientes :

REIVINDICACIONES

775

1ª.- "UN NUEVO PROCEDIMIENTO QUE PERMITE LA PRODUCCION A BAJO COSTO DE UN LIQUIDO QUE SIN SER "AGUA REGIA" ES TANTO O MAS POTENTE QUE ELLA Y CON EL CUAL SE EFECTUA UNA MUY RAPIDA LIXIVIACION O DISOLUCION DE TODOS LOS TIPOS DE METALES CONTENIDOS EN LOS MINERALES, SE ENCUENTRA EN ELLOS AL ESTADO SULFURADO O NO SULFURADO; SIN QUE SEA NECESARIA NINGUNA PREPARACION ESPECIAL PREVIA DE DICHS MI

325699

19 ABR.



conseguido la recuperación total, al repetirse la operación prolongando el tiempo de tratamiento un poco más, siempre se ha conseguido la recuperación completa.

765

Después de redactado lo anterior se trató minerales de " titano " metal de gran valor en la preparación del llamado acero titano de extraordinaria resistencia. En la primera experiencia, de 50 minutos de duración, recuperación 86% y en la segunda de 65 minutos recuperación total.

N O T A

770

La Patente de Invención que por veinte años se solicita para España, deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

775

1ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, Dicho líquido se genera o nace sobre el mineral en tratamiento, al combinarse allí sus componentes. De consiguiente, no es material prefabricado y podría tal vez en el futuro tener otras aplicaciones en la industria Minera o fuera de ella.

780

2ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según la reivindicación anterior en el cual, la lixiviación se efectua



por la acción conjunta de los tres componentes del disolvente, a que se refiere la memoria descriptiva en 7, 8 y 9.

785

790

3ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según las reivindicaciones 1 y 2, por el cual los minerales sulfurados o no se tratan por lixiviación directa, sin más preparación especial, previa, que la molienda necesaria y un corto calentamiento del mineral, después de molido o chancado y antes de la lixiviación. No habrá pues tostación ni calcinación ni agregado de materias extrañas además de los disolventes, como tampoco ninguna otra preparación previa especial, que pueda facilitar la lixiviación a efectuarse posteriormente.

795

800

4ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según las reivindicaciones 1 al 13, en el cual se somete previamente al mineral que contenga apreciable ley de metal al estado de sulfuro a un chancado que lo deje de un tamaño de 1/4 de pulgada de diámetro más o menos. Después ese

325699

19



805 mineral chancado se reduce a partículas más finas, sin que para ello se usen molinos, ni ninguna otra clase de maquinaria, como lo explican el artículo 3º y otros de la Memoria descriptiva. Esto que se efectua antes de entrar el mineral en lixiviación, origina una enorme economía de tiempo y de dinero.

810 5ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LI-  
XIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según las reivindicaciones anteriores, en el cual, la masa o sea, el mineral y el líquido se calientan a temperaturas superiores a 60 grados centígrados, calentamiento que en este caso se verifica por la hidratación del ácido sulfúrico, por el calentamiento del mineral después de chancado y antes de la lixiviación y por la acción producida al ser agregadas al líquido las sales, para completar con ellas el disolvente que se general sobre el mineral en tratamiento.

815

820 6ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LI-  
QUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según las reivindicaciones 1ª a 5ª por el cual el nitrato se agrega al mineral caliente minutos antes de empezar la lixivía-

325699 19 ABR. 19



ción o se calienta separadamente para irlo vaciando  
junto con el mineral, o se calienta ambas sales (nitra-  
to y cloruros ) separadamente colocándose el nitrato con-  
juntamente con el mineral y el cloruro inmediatamente  
825 después. Todo esto cuando se traten minerales con base  
sulfurada. En los con base no sulfurada se agregará al  
mineral caliente minutos antes de empezar la lixivia-  
ción, nitrato o cloruro, o se calienta la sal elegi-  
da separadamente y se vá vaciando conjuntamente con el  
830 mineral caliente. En todas estas formas habrá economías  
de disolventes.

7<sup>a</sup>.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LI-  
QUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según las rei-  
vindicaciones precedentes en el cual la precipitación se  
835 acelera grandemente al efectuarse a alta temperatura , la  
que se consigue facilmente y a bajo costo calentando pre-  
viamente el material precipitador o por otros de los me-  
dios mencionados en la memoria en su artículo 12.

8<sup>a</sup>.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LI-  
QUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES , según las  
840

325699

[19 A3]



reivindicaciones del 1 al 7 ambas inclusive, en el cual la potencia del disolvente es tal que a diferencia de otros procedimientos conocidos ninguna materia contenida en los materiales tratados, puede impedir la rápida y normal disolución de las materias que se desea recuperar.

845

9ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES, según todas las reivindicaciones precedentes, por el cual "las aguas madres" después de recuperar de ellas los metales que interesan son devueltas juntos con las aguas de lavados de los rípios, al circuito lixivador para ser usadas nuevamente.

850

10ª.-PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES. según las reivindicaciones anteriores por el cual en determinadas circunstancias podría suprimirse el calentamiento o previo de los minerales después de molidos y antes de la lixiviación, como también el calentamiento del material precipitante y proceder entonces como se deja es-

855

860



tablecido en el artículo 15 de la memoria descriptiva.

11ª. PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LI-

QUIDO LIXIVIADOR DE TODA DE METALES, según las reivindi-

caiones del 1 al 10 ambas inclusives, por el cual la

865 proporción entre el agua y el sulfurico en conjunto, con

relación al mineral a tratar puede variar según sea muy

grando o muy reducida la proporción en que se encuentra

en dicho mineral, las materias que hayan de disolverse,

como también puede variar por igual causa la proporción

870 entre el sulfúrico y al agua y la de las sales en pro-

porción al sulfúrico.

12ª. PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN LI-

QUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES en el cual el

ácido sulfúrico podría ser reemplazado por sulfato fé-

875 rrico natural u otro sulfato si en el territorio en que

se trabaje los hubiera en forma abundante y a bajo costo.

13ª. PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION ECONOMICA DE UN

LIQUIDO LIXIVIADOR DE TODA CLASE DE METALES "

Todo ello según queda descrito y reivindicado en la

880 presente Memoria descriptiva que consta de cuarenta y

325699

19



siete hojas foliadas y mecanografiadas por una sola

cara.

Madrid. a

19 ABR. 1966

CARLOS BALLESTERO  
P.P.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'C. Ballester', written over the typed name and initials.