

Int. Cl. C22B

COPIA

16 NOV. 1976

MEMORIA DESCRIPTIVA  
de una Patente de Invención a nombre de:  
MICHAEL J. MEIXNER, de nacionalidad ale-  
mana, domiciliado en D-51 Aachen, Lohmühlen  
strasse 2, (ALEMANIA); por: "PROCEDIMIE  
TO PARA LA OBTENCION DE COBRE".

438675  
-----ooo0000ooo-----

5 El invento se refiere a un procedimiento para la  
obtención de cobre a partir de minerales que contienen co-  
bre, hierro y azufre, por ejemplo a partir de piritas cu-  
príferas, minerales cupríferos sulfídicos o concentrados -  
de los mismos por una lixiviación en circuito cerrado a la  
temperatura del ambiente circundante, en donde los conteni-  
dos de sulfuro de los minerales de sulfuro de cobre y hie-  
rro, por una lixiviación con oxidación con sales de hierro  
trivalente Fe (III) en solución en ácido sulfúrico en el  
10 residuo de lixiviación con exclusión de la formación de -  
sulfato, resultan en forme de azufre elemental y pirite, -  
los reactivos de oxidación iones de hierro (III) y ácido -  
sulfúrico son regenerados y se evitan enriquecimientos de

sales de hierro por disolución de sulfuros de hierro.

Al irse agotando crecientemente los yacimientos con elevado contenido de cobre, el interés se dirige forzosamente cada vez más a los yacimientos pobres y a yacimientos con com  
5 posición compleja de minerales. Desde luego, ya desde hace mu  
cho tiempo se someten a lixiviación piritas cupríferas, pero principalmente con la intención de obtener a partir de la le-  
jía, con bajo gasto en costos, cobre cementado precipitado -  
con chatarra de hierro, el cual cobre cementado desde el pun-  
10 to de vista metalúrgico, constituye sólo un producto previo -  
de bajo valor. En este modo de procedimiento se transforman -  
además en sulfato grandes cantidades de azufre, que se pier -  
den contaminando el ambiente con correspondientes contenidos  
de hierro en las soluciones.

15 La práctica, ejercida desde hace mucho tiempo y to-  
avía hoy día, de la lixiviación de piritas con subsiguiente  
cementación del cobre se describió por ejemplo en 1.942 por -  
Taylor & Wheelan. No obstante, sólo en un momento esencialmen-  
te posterior se reconoció que la lixiviación, llevada a cabo  
20 de este modo, de minerales cupríferos sulfídicos sólo transcu-  
rre con una velocidad digna de mención siempre en presencia -  
de bacterias con efecto oxidante, tales como principalmente -  
la Thiobacillus ferrooxidans y la Thiobacillus thiooxidans. En  
las cercanías de una mina estos microorganismos están presen-  
25 tes siempre en un grado suficiente y, por lo tanto, no necesi-  
tan ser añadidos por separado a la instalación de lixiviación  
próxima a la mina, siempre que desempeñen un papel en la li-  
xiviación.

Además, es conocido el papel fundamental de iones Fe (III) (férricos) como agentes oxidantes sobre los procesos de lixiviación. En relación con procesos de lixiviación existen una serie de métodos propuestos y practicados de preparar iones Fe (III), bien sea por oxidación de iones Fe (II) (ferrosos) con dióxido de azufre, por oxidación con soluciones bacterianas de la cepa *Thiobacillus ferrooxidans* o por ejemplo simplemente mediante oxidación con aire.

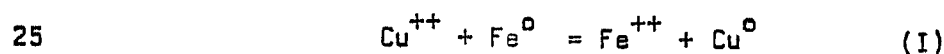
Para la lixiviación de cargas de piritita o de minerales sulfídicos con contenidos de Fe, Cu y Zn dignos de mención, hoy día utilizada generalmente, deben añadirse además de ello cantidades suficientes de ácido sulfúrico en el caso de la lixiviación sulfídica. Por un lado, el ácido debe mantenerse bajo el valor de pH en el sistema de lixiviación y por otro lado debe reprimir en lo posible una precipitación de sales de hierro en la carga de mineral.

La conducción en circuito cerrado de procesos de lixiviación ya fue también repetidamente objeto de patentes, entre otras, las patentes de los Estados Unidos 2.563.623, n.º 2.829.964 y n.º 3.330.650. A diferencia de estos procedimientos presentados con anterioridad a la presente solicitud de patente, que siempre debían terminarse con enriquecimientos en hierro y, sobre todo, en sulfatos, la meta decisiva del procedimiento aquí expuesto consiste en impedir la formación de sulfato y el enriquecimiento en hierro en la leja en circuito, por medio de medidas apropiadas, y basándose en esta forma de realización del procedimiento aumentar todo lo posi

ble el contenido de azufre en el residuo de lixiviación, con el fin de obtener de este modo un producto de partida más valioso para la preparación de ácido sulfúrico. Esta meta no se alcanza por medio de los procesos arriba mencionados. Enteramente al contrario que en este invento, se deben extraer del circuito constantemente considerables cantidades de sulfato de hierro por costosos procesos de hidrólisis y precipitación. Los déficits de sulfato que resultan de este modo deben ser repuestos por una oxidación con sulfato de los minerales sulfídicos lixiviados o por adición de ácido sulfúrico. Por consiguiente, este invento constituye un considerable progreso con respecto al estado conocido de la técnica, ya que no se deben extraer del circuito en forma de valor reducido, con considerable carga sobre los costos, ni hierro ni sulfatos en grado digno de mención, como consecuencia de procesos de enriquecimiento.

La realización de los procedimientos de lixiviación, aquí explicada, correspondiente al estado conocido de la técnica, tiene entre otras, las siguientes desventajas metodológicas e influyentes sobre los costos:

Circuito abierto de líquido, a partir del cual se deben expulsar considerables cantidades de agua después de la cementación a causa de contenidos crecientes de Fe (II) de acuerdo con la ecuación



Grandes contaminaciones del ambiente.

Grandes pérdidas de azufre útil y de pirita por oxidación hasta llegar al sulfato, el cual, con el fin de evitar un enriquecimiento en la lejía circulante, o con el fin de reprimir contaminaciones del ambiente, debe ser eliminado por medio de una precipitación de yeso. Por esta razón tampoco se produce ningún enriquecimiento en azufre en el residuo extraído por lixiviación.

Regeneración a elevados costos de iones Fe (III) - por oxidación, hidrólisis y precipitación de hierro en exceso.

Adición constante de ácido de nueva aportación a las lejías recientes descuprificadas, ajuste de un valor de pH - inexacto.

Peligro de la formación de precipitados de hierro - en la carga a granel de mineral en el caso de una insuficiente adición de ácido, y por lo tanto obstrucción y bloqueo de los caminos para la solución en las cargas de mineral, unido con pérdidas de rendimiento a causa de una defectuosa impregnación de los aglomerados de minerales.

El invento tiene la misión de evitar las desventajas que se han descrito. Esto lo logra el invento, partiendo del procedimiento de la clase indicada, llevando a disolución exclusivamente cobre en forma de ión divalente por medio de una lixiviación con oxidación controlada en cuanto al valor del pH de minerales de cobre sulfídicos que eventualmente contiene también hierro, por ejemplo, calcopirita, con una lejía acuosa, en ácido sulfúrico, que contiene sales de Fe (III) enriqueciendo el contenido de azufre en el producto de lixi-

viación en forma de azufre elemental y pirita y obteniéndolo en forma de residuo sólido para la subsiguiente transformación en la producción de ácido sulfúrico, reprimiendo la oxidación ulterior de azufre elemental y pirita para formar el sulfato, introduciendo, con el fin de forzar este transcurso de la reacción, protones en el sistema de circuito cerrado de lejía, para el control exacto del valor de pH, a través de intercambiadores de iones orgánicos y líquidos, a medida que se extrae del circuito de lejía el componente de metal valioso, es decir cobre, y evitando la disolución de más cantidad de hierro por mantenimiento de determinadas proporciones de Fe (II) a Fe (III) en la lejía de nueva aportación descuprificada que pasa a emplearse de nuevo en el circuito.

Por consiguiente, es objeto del invento un procedimiento hidrometalúrgico por un lado para la obtención de cobre a partir de piritas cupríferas o de otros minerales sulfídicos complejos, minerales cupríferos sulfídicos o concentrados de los mismos, y por otro lado, un proceso de enriquecimiento en lo que se refiere al azufre en el residuo extraído por lixiviación, de manera que corresponde un valor comercial adicional también a los residuos sulfídicos de lixiviación como producto de partida para la preparación de ácido sulfúrico. Una característica decisiva del procedimiento de acuerdo con el invento es la lixivación con un circuito cerrado, en el cual está incluido todo el tratamiento ulterior de las soluciones, incluso la preparación por vía electrolítica de cátodos de cobre de alta pureza, de manera que se to

ma en cuenta y se satisface en grado total en la técnica del procedimiento la protección del medio ambiente que hoy día - ha de exigirse. Como agente de lixiviación se emplean sales de hierro (III) y ácido sulfúrico en una solución acuosa (preferiblemente en presencia de bacterias con efecto oxidante), es decir sustancias que de acuerdo con el invento pueden ser regeneradas en el interior del circuito mediante la realización del proceso. Por lo demás, acerca de la esencialidad - del invento se hace referencia a las reivindicaciones y a la memoria descriptiva que sigue.

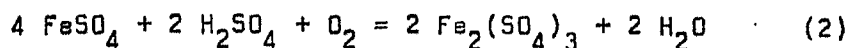
La enseñanza de acuerdo con el invento para el sector técnico estaba pensada en primer término para la lixiviación de piritas cupríferas. No obstante, se ha comprobado - que este procedimiento puede ser utilizado de igual modo para la lixiviación y obtención de cobre a partir de minerales - complejos que contienen sulfuro de cobre, de minerales de - sulfuro de cobre y de concentrados de los mismos con enriquecimiento en azufre, también simultáneo, en el residuo. Una - condición previa importante para el éxito de la lixiviación es la disposición de cargas de mineral en forma geométrica - apropiada con una granulometría y una densidad aparente favorables de modo correspondiente, con el fin de garantizar la impregnación homogénea así como la circulación a través del material a granel de la carga. Acerca de esta problemática - existen una serie de publicaciones especializadas que hacen posible un análisis muy exacto de todos los parámetros físicos de la lixiviación, con el fin de hacer óptima dicha lixi

viación. Se hace referencia a ellas para una utilización especialmente intensa del procedimiento de acuerdo con el invento deberán estar presentes en el mineral y en la lejía, además, cepas de bacterias con efecto oxidante. En primer término entran en consideración para ello los Triobacilos de las cepas ferrooxidans y thiooxidans, que están presentes la mayor parte de las veces en suficiente concentración en los alrededores naturales de la instalación de lixiviación próxima a la mina, y allí no deben ser añadidos por separado al sistema de lixiviación.

Es especialmente ventajoso, de acuerdo con el invento, el hecho de que en lugar de la cementación hasta ahora usual, por ejemplo allí donde se someten a lixiviación piritas cupríferas, una combinación en cuanto a la técnica de procedimiento de una lixiviación y de una extracción con disolvente hace posible por primera vez una obtención electrolítica con reducción, del cobre directamente en forma de cátodos puros, y de que el ácido, para el control del valor de pH del circuito de lejía, es suministrado conjuntamente en cierto modo como subproducto originado del proceso a partir de la electrólisis.

El intercambio de cobre desde el circuito de lixiviación y de protones, generados por vía electrolítica se efectúa del modo más sencillo en un procedimiento de extracción con disolvente en contracorriente, con intercambiadores de iones líquidos, de manera que en la medida en que se retira cobre recientemente lixiviado desde el circuito de lixiviación vuelve ácido de reciente preparación procedente del electrolito al -

circuito de lixiviación. De esta manera siempre se está regenerando de nuevo el ácido que es consumido en la cuba colectora y de aireación como consecuencia de la oxidación de hierro



5 Tales procedimientos de intercambio de iones son conocidos. No obstante, éstos no han encontrado acceso en la práctica como instrumento de control de valores de pH. A causa de la aptitud para carga de intercambiadores de iones orgánicos líquidos, -  
10 realizables de manera especialmente flexible, imponiendo al sistema de lejía por ejemplo con grandes cantidades circulantes de fase orgánica, pequeñas diferencias de concentración en cuanto al cobre antes y después de la extracción en el caso de pequeñas concentraciones de intercambiador de iones y circulación de líquido correspondientemente más lenta, o a la inversa grandes diferencias de concentración en el caso de grandes concentraciones de intercambiador de iones y circulación de -  
15 líquido correspondientemente más lenta en el circuito cerrado de lejía, el contenido de ácido en la lejía de circuito antes y después de la extracción de cobre puede ser mantenido en -  
20 valores límites ampliamente seleccionables a deseo dentro de un amplio margen de pH.

Los valores ajustables de pH resultan por consiguiente, por un lado, de los contenidos de cobre establecidos en la lejía circulante, y por otro lado, son el resultado de la capacidad para carga y de la aptitud para reextracción de los -  
25 intercambiadores de iones empleado, siendo dependientes las -

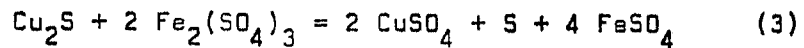
dos últimas magnitudes, a su vez, del valor del pH.

5 A esto se agregan propiedades tamponadoras de la lejía circulante. En cualquier caso el reflujó de la lejía enriquecida de nuevo con cobre es mantenido a un pH menor de 2,45 de acuerdo con el procedimiento que aquí se ha descrito con anterioridad, con lo cual se evita la formación de precipitados. Si un componente básico de la carga de mineral debería consumir ácido además de para la oxidación de hierro, este hecho deberá ser tomado en cuenta naturalmente por adición de ácido al circuito.

10

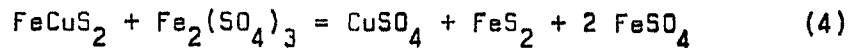
La oxidación de los minerales cupríferos sulfídicos se efectúa por lixiviación con sulfato de Fe (III) de modo correspondiente al tipo de reacción.

15



siendo oxidado para formar azufre elemental el azufre en forma de sulfuro de la calcosina. En la lixiviación con oxidación de sulfuros de cobre y hierro resulta pirita, como producto de oxidación, en la correspondiente reacción

20



25

Dado que a causa de la constante regeneración del contenido de Fe (III) en la lejía en circuito según la ecuación 2 no debe pasar hierro adicionalmente a disolución, durante la lixiviación es decisivamente preciso impedir la oxidación de pirita para formar sulfato de hierro. La nueva formación de sulfato de hierro es indeseable no sólo porque se tendrían que eliminar permanentemente grandes cantidades de lejía desde el

circuito para limitar la concentración de hierro o estas cantidades se tendrían que transformar por hidrólisis de hierro y precipitación, sino sobre todo porque este proceso de disolución destruye minerales de sulfuro de hierro que, después de terminada la extracción por lixiviación encuentran utilización como producto de partida en la producción de ácido sulfúrico. La delimitación asegurada del contenido de hierro en la lejía es deseable, también a causa de las propiedades típicas para extracción de los intercambiadores de iones disponibles, que en cada caso junto con el cobre, extraen pequeñas cantidades de hierro dependientes de la concentración. Mediante la realización de acuerdo con el invento en el transcurso del procedimiento se evita no obstante ampliamente la reacción de pirites para formar sulfatos de hierro.

Las concentraciones del sulfato de Fe (III) puede oscilar dentro de ciertos límites. Una composición óptima de la lejía deberá contener aproximadamente entre 4 y 20 g de  $Fe^{+++}/l$ . Por el contrario, el contenido de hierro divalente o ferroso debe ser limitado cuidadosamente. En el presente caso interesan los valores de pH con los que se va a lixiviar. En la oxidación de sulfato de Fe (II) en la cuba colectora y de aireación, prescrita de acuerdo con el invento para que durante la lixiviación no se llegue a la nueva formación indeseable de sulfatos de hierro, la concentración de Fe (II) no debe pasar por debajo de aproximadamente 0,50 g de  $Fe^{++}/l$  hasta un valor de pH de 1,5. En el margen de trabajo preferido a pH=1,7 la oxidación para formar sulfato de Fe (III) ha de ser interrumpida.

pida como muy tarde con una concentración límite de 0,20 g de  $Fe^{++}$ /l. En el margen de valores de pH más bajos aproximadamente de alrededor de 1, los contenidos mínimos de  $Fe^{++}$  -  
5 g/l. Con bajos valores de pH, no obstante, la proporción -  
admisible de  $Fe^{+++}/Fe^{++}$  ya ha sido desplazada tanto, con des-  
ventaja para la porción de concentración de Fe (III), que -  
apenas puede ya entrar en consideración este modo de traba-  
jo extremadamente ácido.

10 El modo de procedimiento de acuerdo con el invento  
tiene en comparación con la lixiviación de piritas cuprífe-  
ras hasta ahora practicada, además de ventajas en cuanto a -  
la técnica del procedimiento y en lo que influyen sobre los  
costos, sobre todo la ventaja adicional de poder ser utiliza-  
15 do universalmente en la lixiviación de materias primas que -  
contienen sulfuro de cobre. En particular se han de designar  
las siguientes ventajas:

Producción de cobre electrolítico de alto grado de  
pureza en lugar de cobre cementado fuertemente impurificado.

20 Represión de la formación de sulfato, y en lugar de  
ello oxidación de sulfuro para formar azufre elemental.

Enriquecimiento del contenido de azufre útil en el -  
residuo de lixiviación descuprificado.

25 Posibilitamiento de un procedimiento que respeta al  
medio ambiente mediante conducción en circuito cerrado de la  
totalidad de las existencias de lejía.

Evitación de la formación de sulfato de hierro a par-

tir de minerales de sulfuro de hierro conjuntamente existentes mediante control adecuado de la composición de la lejía.

5 Ningún consumo, o un consumo fuertemente limitado, de ácido sulfúrico mediante regeneración de ácido debida al sistema.

Considerable aceleración de la velocidad de disolución de los componentes sulfídicos de cobre.

10 En lo que sigue se describe un ejemplo no limitativo de este procedimiento de lixiviación de acuerdo con un esquema de flujo u organigrama.

15 En la disposición de ensayo a escala experimental de acuerdo con el organigrama anejo se amontonaron 5 toneladas - de mineral con aproximadamente 33% de Fe, 42% de S, 2,5% de Cu para formar un cono aplanado de 1 metro de altura sobre un substrato impermeable al agua y se roció uniformemente con 10 a 20 litros de agua que contiene bacterias por cada m<sup>2</sup> de superficie de material a granel y por hora. La lejía rica en cobre - que salía con un pH de 3,3 de la carga de mineral se condujo a la cuba colectora y de sedimentación y se devolvió por bombeo en el circuito cerrado secundario a la carga de mineral, hasta que el contenido de cobre se había enriquecido en la lejía a aproximadamente 2,5 g/l. Trás alcanzarse esta concentración de cobre una corriente de lejía procedente de la cuba colectora y de sedimentación se bombeó continuamente a la instalación intercambiadora de iones, en la cual el cobre disuelto fue extraído en intercambio frente a protones con un intercambiador de iones orgánico líquido. El rendimiento del procedi-

20

25

miento de intercambio de iones se estableció de modo tal que la aportación de cobre desde la carga de mineral a la cuba colectora y de sedimentación correspondía con la mayor exactitud posible a la capacidad del intercambiador. El producto refinado, ampliamente libre de cobre y enriquecido con ácido en la cantidad equivalente estequiométrica ( $\text{pH} = 1,6 - 1,7$ ), salió hacia dentro de la cuba colectora y de aireación dispuesta a continuación. En esta cuba colectora se aireó intensamente la solución para efectuar la oxidación de los iones Fe (II) que habían resultado durante la lixiviación. Las leñas recientes descuprificadas, enriquecidas con ácido y con iones Fe (III) fueron rociadas de nuevo sobre la carga de mineral, fueron retiradas y sometidas en circulación constante al mismo tratamiento.

Las pérdidas de agua provocadas por evaporación o por otras razones fueron repuestas eventualmente por adición de agua de nueva aportación a la cuba colectora y de aireación. A pesar de un servicio de trabajo experimental de duración más larga, no se observó ningún enriquecimiento digno de mención con impurezas, de modo que no se tuvo que expulsar nada de solución por toda la duración del ensayo.

Después de haber puesto en marcha el procedimiento de intercambio de iones, el pH en la leña reciente enriquecida con cobre disminuyó de 3-3,3 a 2,3 - 2,4. Los precipitados de hierro observados con anterioridad en la carga se disolvieron gradualmente de este modo, con lo cual desaparecieron también los fenómenos de obstrucción observados junto a

la superficie de la carga. Con nueva disolución completa de los precipitados de hierro se ajustó un contenido de Fe de - aproximadamente 4 g/l en la lejía circulante. La proporción de  $Fe^{+++}/Fe^{++}$  en la lejía reciente fue de aproximadamente - 10:1 después de haber introducido aire en la cuba colectora y de aireación. Ya no apareció después de ello ningún aumento digno de mención de hierro disuelto.

Para la rentabilidad de este procedimiento es de considerable importancia el hecho de que tras haber intercalado el procedimiento de intercambio de iones se pudo comprobar una considerable aceleración de la disolución de cobre a un múltiplo de la velocidad de extracción por lixiviación que anteriormente se observaba. Además de ello, obtiene importancia especial el enriquecimiento del contenido de azufre útil en la carga de mineral. El contenido de azufre útil aumentó en el caso aquí investigado, al avanzar la extracción de cobre por lixiviación, desde 42 hasta 44 % del peso total de mineral al interrumpirse el ensayo.

#### N O T A

Se reivindica como nuevo y de propia invención.

1.- Procedimiento para la obtención de cobre, a partir de minerales que contienen cobre, hierro y azufre, preferentemente a partir de pirritas cupríferas, minerales cupríferos sulfídicos o concentrados de los mismos, caracterizado porque se disuelve cobre en forma de ión divalente por medio de una lixiviación con oxidación con sales de Fe (III) (hie-

rro trivalente), controlada por el valor del pH, en un proceso en circuito cerrado, mientras que los componentes de sulfuro - de los sulfuros de cobre y hierro son oxidados sólo hasta el - azufre elemental o pirita y son enriquecidos en el residuo de lixiviación y se reprime la oxidación adicional para formar el sulfato.

2.- Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque los valores de pH en la lejía en circuito son controlados por medio de un procedimiento de extracción con - disolvente con intercambiadores de iones líquidos.

3.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque el valor de pH de la lejía descuprificada es ajustado a un valor entre 1,3 y 2,2, pero preferiblemente en un margen de pH entre 1,5 y 1,9.

4.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el valor del pH de la lejía que sale de la carga de mineral es ajustado a menos - de 2,5.

5.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque para impedir la lixiviación de hierro en la carga de mineral se mantienen contenidos mínimos de Fe (II) disuelto, en función del valor de pH, de - por ejemplo 0,2 g/l a pH = 1,7, de 0,5 g/l a pH = 1,5 y de - aproximadamente 8 g/l a pH = 1,0 durante la regeneración de - Fe (III) (hierro trivalente) dentro del circuito.

6.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se trabaja con una con

centración total de hierro entre 2 y 12 g/l.

5 7.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque se trabaja con una lejía que puede contener bacterias de las cepas *Thiobacillus ferroxidans* y *thiooxidans*.

8.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la lixiviación se puede llevar a cabo a la temperatura del ambiente circundante sin calentamiento adicional.

10 9.- Procedimiento, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque antes de la retirada del cobre con ayuda del intercambiador de iones orgánico se deriva desde la solución una corriente parcial y se la devuelve para la extracción por lixiviación de los minerales.

15 10.- Procedimiento, según reivindicaciones anteriores, caracterizado por la combinación de las siguientes características: a) los minerales, en forma de carga a granel son sometidos uniformemente a la acción de una solución acuosa de lejía, que consta de sulfatos de Fe (III) y ácido sulfúrico; b) la solución enriquecida con cobre es retirada por la parte inferior de la carga de mineral; c) los contenidos de cobre de la solución son retirados con intercambiadores de iones líquidos en intercambio frente a protones con el fin de su obtención y recuperación y el producto refinado es devuelto al circuito de lejía para ajustar la concentración de ácido; d) los rendimientos de caudal de la extracción con disolvente y la concentración de intercambiador de iones en la fase orgánica son ajustados.

20

25

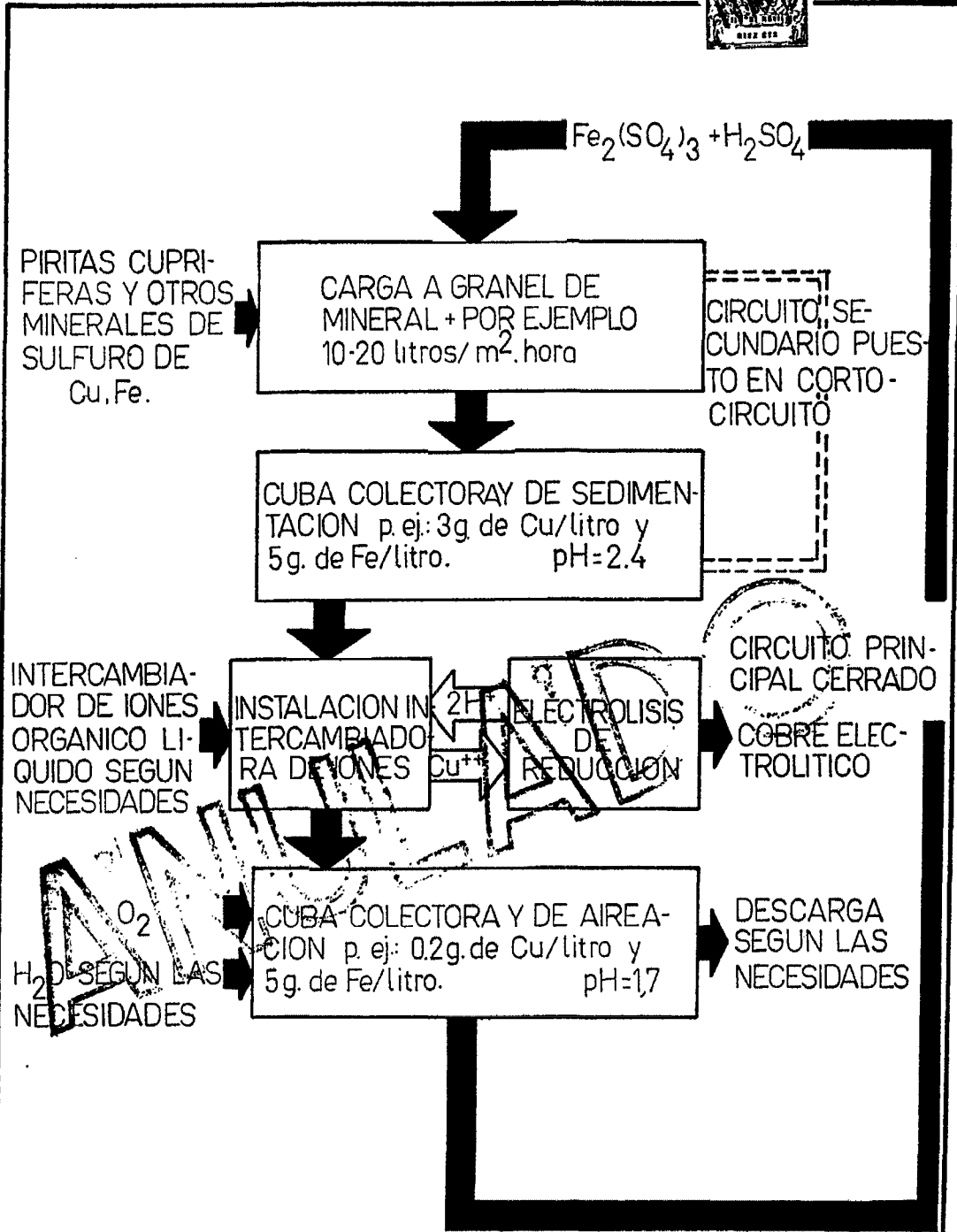
tados al comportamiento óptimo de disolución una vez escogidos los valores de pH; e) los iones Fe (II), que han resultado por reducción durante el proceso de lixiviación, son oxidados de nuevo para formar Fe (III) dentro del circuito por introducción de aire; f) los contenidos de hierro (III) así como los contenidos totales de hierro son determinados antes y después de la aireación del líquido de lejía; g) se determinan los contenidos de cobre y los valores de pH en la lejía antes y después de utilización del procedimiento de intercambio de iones; h) una corriente parcial de la solución circulante es retirada desde el circuito en el caso de un enriquecimiento excesivo con iones extraños al sistema; i) las pérdidas de líquido debidas a evaporación, difusión por los poros y extracción del circuito son repuestas mediante adición de agua.

11.- "PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE COBRE".

Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria Descriptiva, que consta de dieciocho hojas escritas a máquina por una sola cara .

Madrid, 18 JUN. 1975

CARLOS FERNANDEZ CANDELA  
P. P.



ESQUEMA DE FLUJO. LIXIVIACION EN MASA DE MINERALES SULFIDICOS EN EL CIRCUITO CERRADO.

NOTA el sello de "ANUHA.80" se puso por error