1271/5
178

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 06-119666- -00006-0000

Fecha 2010-09-22 16:23:53 Dep. 2020 DIR NUEVASCR
Tra 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 444 RESPUESTAREQUE Folios. 5

Doctora
Alix Carmenza Cespedes de Vergel
Directora de Nuevas Creaciones
Superintendencia de Industria y Comercio

Referencia: **Respuesta requerimiento**
Patente: **Proceso para la extracción de níquel, cobalto y otros metales base de menas de laterita mediante usar lixiviado por acumulación y el producto que contiene níquel, cobalto y otros metales de menas**
Exp. No.: **06 119666**
Solicitante: **Companhia Vale Do Rio Doce**

Yo, JESÚS MÉNDEZ BERMÚDEZ, mayor de edad, domiciliado en esta ciudad, e identificado con Cedula de Ciudadanía No. 13'491.525 de Cúcuta y Tarjeta Profesional No. 99.678 expedida por el Consejo Superior de la Judicatura, actuando como apoderado sustituto de la sociedad COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, por medio del presente escrito y dentro del término legal doy respuesta al requerimiento contenido en el oficio número 10455 del 9 de agosto de 2010. Con este fin, me permito adjuntar la correspondiente sustitución a efectos de continuar con el trámite citado en la referencia.

En ese orden de ideas, solicito respetuosamente se continué con el trámite correspondiente.

ANEXO

1. Sustitución de poder

NOTIFICACIONES

Recibiré notificaciones ante ese Despacho o en mi oficina ubicada en la calle 83 A No. 23 – 90 ciudad

De la señora Directora,

Atentamente

JESÚS MÉNDEZ BERMÚDEZ
C.C. 13.491.525 de Cúcuta
TP. No. 99.678 del C.S de la J.

2
179

SEÑORA DIRECTORA
DIRECCION DE NUEVAS CREACIONES
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
E. S. D.

Yo, **MÓNICA WOLF WASSERMAN**, identificada como aparece al pie de mi firma y con tarjeta profesional de abogado No. 46.034 del Consejo Superior de la Judicatura, ***SUSTITUYO*** el poder a mi conferido por la sociedad ***COMPANHIA VALE DO RIO DOCE*** a favor del doctor Dr. **JESÚS M. MÉNDEZ BERMÚDEZ** con tarjeta profesional de abogado No. 99.678 del Consejo Superior de la Judicatura, para que continué con el trámite de la solicitud de registro de la patente "Proceso de extracción de níquel, cobalto y otros metales base de menas de latería mediante usar lixiviado por acumulación y el producto que contiene níquel, cobalto y otros metales de menas de latería" que se tramita en el expediente número 06-119.666.

De igual forma con el presente poder ratifico todo lo actuado por el abogado en mención a efectos de que se continúe con el trámite correspondiente.

Mi apoderado sustituto queda facultado para recibir, transigir, conciliar, interponer recursos, desistir, sustituir, cancelar, revocar sustituciones y con los demás que necesite para cumplir con este mandato.

Atentamente,

Mónica Wolf Wasserman
C.C. No. 51'711.267 de Bogotá
T.P.A. No. 46.034 del C.S. de la J

Jesús Méndez Bermúdez
C.C. No. 13'491.525 de Cúcuta
T.P.A. No. 99.678 del C.S. de la J.

DILIGENCIA DE RECONOCIMIENTO

Compareció ante el Notario 11 del Círculo de Bogotá: Monica Wolf Wasserman

[illegible] C.C. 51711267

[illegible] B.C. TP. 46034

declaró que la firma que aparece en el presente documento [illegible] y que el contenido del mismo es cierto.

22 SEP 2010

[illegible]

Guillermo Chávez Crimancho

NOTARIO

REPÚBLICA DE COLOMBIA

Guillermo Chávez Crimancho

NOTARIA 11 DEL CIRCULO DE BOGOTA D.C.

CARTORIO NOTARIAL DO 1º OFICIO
PINHEIRO - Av. Augusto de Lima, 395- Tel. (031) 273-5744
Reconheço por verdadeiro nos termos do Art. 369 do CPC
o(s) de sua(s) firma(s) abaixo:
FRANCISCO DE ASSIS PALHARES PEREIRA
PAULO EDUARDO ANTUNES LIBANIO
Selo Autenticidade 35/[illegible]/01 10:22:14 23306
Fé Pública, Jacques Martins
REMETE

WOLF • ABOGADOS ASOCIADOS

3
180

REGISTRATION, PATENTS AND TRADEMARKS IN COLOMBIA

Yo (*) y (**) actuando en nombre y representación de Companhia Vale do Rio Doce

domiciliada en BR 262 - Km 296 - Caixa Postal 9 - 33030-970 Sta. Luzia MG - Brasil

por el presente nombra a la doctora MONICA WOLF WASSERMAN, y/o

con domicilio en la Diagonal 83A No. 23 - 90, de Bogotá Colombia, su representante legal en dicha ciudad, con facultad de recibir notificaciones y nombrar apoderados en los términos del parágrafo 1o. del Artículo 543 del Código de Comercio colombiano. En desarrollo de dicha calidad el representante, o los apoderados que él designe, podrán recabar de las autoridades colombianas, sanitarias, administrativas, judiciales, o de policía, la obtención de patentes de Invención, Registro de Marcas, de Modelos y de dibujos Industriales, de Nombres Comerciales y Enseñas, Derechos de Autor, Registros Sanitarios, lo mismo que traspasos, extensiones, renovaciones, cambios de nombre, registro de licencias de explotación y registro de licencias de uso, a cuyo efecto les faculta para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado, elevar solicitudes, formular descripciones, enmiendas, protestas, declaraciones, apilaciones y reclamos, solicitar la aplicación de medidas cautelares, aceptar cesiones, abonar todos los impuestos, cuotas y pagos determinados por ley, recibir todos los documentos y valores dando el descargo respectivo, presentar oposiciones, solicitar cancelaciones y anulaciones y en fin tomar todas las medidas que creyeren conducentes al resguardo de nuestros intereses con todas las demás facultades legales necesarias. Este poder comprende además las facultades de recibir, desistir, transigir, comprometer, sustituir y revocar sustituciones.

Dado y firmado en

(*) Francisco de Assis Palhares Pereira

(**) Paulo Eduardo Antunes Libânio

The undersigned, (*) and (**) acting on behalf of Companhia Vale do Rio Doce

with domicile in BR 262 - Km 296 - Caixa Postal 9 - 33030-970 - Sta.Luzia MG - Brazil

hereby appoints doctor MONICA WOLF WASSERMAN and/or

domiciled in Diagonal 83A No. 23 - 90, of Bogotá, Colombia, our legal representative in said city, empowered to receive notifications and to grant powers of attorney in the terms of paragraph 1 of Article 543 of the Colombian Commercial Code. In such capacity the representative, or the attorneys by him appointed, may request from the sanitary administrative, judicial and police authorities of Colombia Patents of Invention, Registration of Trade Marks, of Models and Industrial Drawings, of Comercial names and Ensigns, Copyright, Sanitary Registrations as well as assignments, extensions, renewals, changes of name, registration of licenses of exploitation and of licenses of use, for which they are empowered to take before said authorities all the necessary steps for the purposes indicated, to file applications, to formulate descriptions, corrections, protests, declarations, appeals and claims, to apply for precautionary measures, to accept assignments, to pay all taxes, quotas and payments prescribed by law, to receive all documents and proceeds, giving the respective acquittance or receipt; to file oppositions and objections, request cancellations and annulments, and to take any other measures that may be deemed conducive to the safeguard of our interests, with all necessary legal faculties to receive, compromise, transact, substitute in all or in part, to revoke substitutions.

Given and signed in

(**) Paulo Eduardo Antunes Libânio

(*) Francisco de Assis Palhares Pereira

CORPORATE SEAL TO BE AFFIXED

NOTARIA 30 BOGOTA D.C.
Es copia fiel tomada hoy de su original que se encuentra en el archivo de esta Notaría.
Se expide para constar que ante esta Notaría se ha tramitado con el documento original presentado para su autenticación.
13 MAY 2001
MARIO TORRES VALDERRAMA
NOTARIO TREINTA Y BEIS DE BOGOTA

Diagonal 83A No. 23-90 Tels. (571) 256 7583 623 5828 Fax (571) 617 0614 e-mail mwolf@[illegible]
Santafé de Bogotá D.C. Colombia

DECLARACION NOTARIAL

(Individual)

A los _____ días del mes_____ de 19___ compareció personalmente ante mí. Notario Público ___

_____

_____

A quien(es) doy fé de conocer y me consta que es (son) la(s) personas(s) descrita(s) y firmante(s) del documento que precede. declarando ante mí. que otorga(n) el mismo para los fines y propósitos que en él se expresan.

_____

El Notario Público

(Sociedades)

El infrascrito Notario Certifica: que la firma que antecede impuesta por _____

_____

es auténtica: que el signatario desempeña actualmente el cargo de _____

_____

de _____

que está facultado para otorgar este poder, que el propósito para el que se otorga este poder está comprendido dentro del objeto social de la Compania; que dicha Compañia está domiciliada en _____

_____

_____

_____

y actualmente existe y está organizada de acuerdo con las leyes de _____

_____

Todos los hechos anteriores me constan por haber examinado los documentos siguientes y de todo ello doy fé. _____

_____

Dado y firmado en _____

_____

El Notario Público

(Con declaración y legalización Consular)

NOTARIAL CERTIFICATE

(Individual)

On this _____ day of_____ 19 _____ personally appeared before me, Notary Public ___ _____

_____

_____

to me known, and known to me to be the person(s) described in and who executed the foregoing document. and he (they) duly acknowledged to me that he (they) executed the same for the uses and purposes therein expressed.

_____

Notary Public

(Corporations)

The undersigned Notary Public certifies: that the preceding signature by_____

_____

is authentic: that the signer at present fills the post of

_____

_____

of _____

and that he is empowered to grant this power: that the purpose for which this power is granted falls within the chartered scope of the company's activities: that said company is domiciled in _____

_____

_____

_____

and it actually exists and is organized in accordance with the laws of _____

_____

All the foregoing facts are known to me due to my having examined the following documents to which I. the Notary. attest: _____

_____

Granted and signed in _____

_____

Notary Public

(With Consular declaration and legalization)

31 MAY 2001

MARIO TORRES VILLEGAS
NOTARIO TREINTA Y SEIS DE BOGOTÁ

4
120
181

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA

CONSULADO DE COLOMBIA
No. 35/01.

El Suscrito Cónsul General de Colombia en Rio de Janeiro, visto los documentos presentados por los interesados, CERTIFICA: Que la Señora FLAVIA RODRIGUES MARTINS, quien como Escribiente Sustituta de la Notaría 3° de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, autenticó la firma del signatario del poder precedente, ejercía en la fecha las funciones indicadas y su firma corresponde a la registrada en este Consulado.

Que la COMPANHIA VALE DO RIO DOCE, es una sociedad constituida de acuerdo con las leyes del Brasil y cumple su objetivo conforme a las mismas.

Que los Señores FRANCISCO ASSIS PALHARES PEREIRA y PAULO EDUARDO ANTUNES LIBÂNIO, quienes en su caracter de APODERADOS de la citada Compañía, confieren el poder precedente y cuyas firmas fueron autenticadas ante la Notaría 3° de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, son sus representantes legales en este pais.

El Cónsul no asume responsabilidad por el contenido de este documento.

Rio de Janeiro, 23 de mayo de 2001.

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA * RIO DE JANEIRO *

JUAN LOZANO P.
Cónsul General de Colombia.

PAGADO IMPUESTO DE TIMBRE
US$ [illegible] (CINCO DÓLARES)
PAGADO DERECHOS CONSULARES
US$ 100,00 (CIEN DÓLARES)

NOTARIA 36 - BOGOTA D.C.
Como Notaria 36 de este Circulo hago constar que esta copia coincide con el documento original presentado para su autenticación

31 MAY 2001

MARIO TORRES VALDERRAMA
NOTARIO TREINTA Y SEIS DE BOGOTÁ

5/5

182

EDGAR HERMES PAIXÃO PARDO

Traductor oficial- Tradutor juramentado

Español- Portugués
Portugués- Espanhol

Traducción oficial, parcial, de un documento que me fue presentado en lengua portuguesa, trabajo realizado en función de mi cargo de traductor oficial de esta *ciudad de Santafé de Bogotá:*

Poder de Companhia Vale do Rio Doce, BR 262, Km. 296- Apartado Aéreo 9, 33030-970, Sta. Luzia, MG, Brasil

Para Mónica Wolf Wasserman.

2 Firmas ilegibles. Francisco de Assis Palhares Pereira y Paulo Eduardo Antunes Libânio. Una indicación de la Notaría 3a. de Belo Horizonte señala las firmas anteriores.

Notaria 3a. Trigineli. Reconozco verdadera, en los términos del art. 369 del CPC y doy fe, las firmas siguientes: Francisco de Assis Palhares Pereira y Paulo Eduardo Antunes Libânio. Belo Horizonte, 26 de enero de 2001. Firma ilegible, Flávia Rodrigues Martins.

Ministerio de Relaciones Exteriores. Oficina de representación en Río de Janeiro. Sección consular. Reconozco verdadera la firma anterior de Flavia Rodrigues Martins. MRE, sección consular RJ, 22 de mayo de 2001. Firma ilegible.

Hoja del Consulado de Colombia en Río de *Janeiro*, Nº 35/01, *legalizando* la firma de Flavia Rodrigues Martins, escribiente substituta de la notaría 3ª. de Belo Horizonte. 23 de mayo de 2001. De la misma forma certifica la existencia de la Companhia Vale do Rio Doce y de sus apoderados. Firma ilegible, Juan Lozano P., Cónsul General. Sello del Consulado.

Sello del Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia legalizando la firma de Juan Lozano. Nº **328845**. 29 de mayo de 2001. Firma ilegible, Jefe de *legalizaciones.*

Era todo cuanto contenía el documento presentado. Es una traducción fiel y parcial.

NOTARIA
Como Notario 34 de este Círculo hago constar que esta copia coincide con el documento original presentado para su autenticación
31 MAY 2001
MARIO TORRES VALDERRAMA
NOTARIO TREINTA Y SEIS DE BOGOTÁ

(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

(11) Número de publicación 2 241 816

(51) Int. Cl.: C22B 23/00
C22B 3/08
C22B 1/14
C22B 1/00

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: 01926433.2
(86) Fecha de presentación: 29.03.2001
(87) Número de publicación de la solicitud: 1272680
(87) Fecha de publicación de la solicitud: 08.01.2003

(54) Título: **Lixiviación en montones de menas que contienen níquel.**

(30) Prioridad: 30.03.2000 US 539063

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI: 01.11.2005

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente: 01.11.2005

(73) Titular(es): BHP MINERALS INTERNATIONAL, Inc.
1360 Post Oak Boulevard Suite 150
Houston, Texas 77056-3020, US

(72) Inventor(es): Duyvesteyn, Willem, P., C.:
Liu, Houyuan y
Davis, Michael, J

(74) Agente: Carvajal y Urquijo, Isabel

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formalizarse por escrito y estará motivada. Sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

ES 2 241 816 T3

DESCRIPCIÓN

Lixiviación en montones de menas que contienen níquel.

La presente invención se refiere a un método de explotación de una lixiviación en montones para lixiviar minerales que contienen níquel para recuperar el níquel. En particular, la presente invención se refiere a un método de lixiviación en montones de una menas que contiene níquel que tiene un componente de arcilla sustancial (es decir, más del 10% en peso de arcilla). Más particularmente, la presente invención se refiere a un método económico de lixiviación en montones de menas de laterita que contienen níquel que tienen un contenido sustancial de arcilla.

Históricamente, los depósitos de menas de laterita se han dejado a un lado a favor de los depósitos de sulfuro de mayor grado, aunque sea que tienen abundancia de menas de níquel de bajo grado. Ahora, los cuerpos de menas de sulfuro fáciles de extraer están empezando a desaparecer y, en combinación con el crecimiento de la preocupación ambiental sobre el procesamiento de estas menas, los depósitos de laterita se convertirán en una fuente de importancia creciente del níquel y cobalto mundial.

Hasta la fecha, los procesos para extraer el níquel a partir de menas de laterita se han visto limitados a métodos caros ya que consumen mucha energía. Por ejemplo, se conoce la fusión de menas de laterita, que consume bastante energía. También se conoce la lixiviación por presión de la menas de laterita con ácido sulfúrico, que requiere autoclaves, reactores de destrucción, etc. y es altamente corrosiva. De esta manera, se necesita un método económico eficaz para la obtención de níquel a partir de menas de laterita.

En el documento de Estados Unidos 4 125 588 se describe un ejemplo, donde se trituran menas lateríticas que contienen grandes cantidades de sílice y posteriormente se mezclan con ácido sulfúrico. Después se añade agua para iniciar una reacción de sulfatación. Después de esto, se usa agua para lixiviar el producto de sulfatación.

La lixiviación en montones es un método convencional para la extracción económica de metales a partir de menas de bajo grado. Generalmente, simplemente implica el apilamiento de la mena de partida, seguida directamente de un depósito de mena, en montones que varían de años. La solución de lixiviación (disolvente) se introduce por la parte superior del montón para que percole a través del montón. El líquido efluente pasa al interior de, por ejemplo, tubos de drenaje perforados dispuestos en la superficie de la base situada debajo del montón. Los tubos de drenaje dirigen el líquido efluente al interior de un tubo colector para su transporte a una planta de procesamiento en la que se separan los minerales de los que se extraerán metales del efluente y se recuperan.

Aunque la lixiviación en montones se ha usado satisfactoriamente para recuperar valores de metales tales como cobre, oro, plata y uranio, el proceso de lixiviación en montones no se ha propuesto para la recuperación de níquel a partir de menas de laterita particularmente que contienen un componente sustancial de arcilla. En el documento EP 2 503 101 se muestra un ejemplo de lixiviación en montones de níquel. El proceso descrito en esta solicitud requiere una trituración inicial de las partículas para obtener una granulometría de manera que permita un rendimiento de la solución que contenga el orden de aproximadamente el 75%. La solicitud, sin embargo, no se refiere a menas de laterita que tienen un componente substancial de arcilla.

Además de ser un término genérico para minerales de arcilla específicos, "arcilla" también implica el tamaño de las partículas. De acuerdo con John Richard Oil Sands Competitors and Technology, Alberta Oil Sands Technology and Research Authority, Edmonton 1987, pág. 3-71, la "arcilla" se define frecuentemente como un material con un tamaño inferior a *micrómetro 325 (44 micrómetros)*.

Los minerales de arcilla tienen varias características comunes. Su clasificación estructural se basa en capas compuestas consistentes en grupos de componentes con unidades en coordinación tetraédrica y octaédrica. La mayoría de ellos aparecen como partículas en forma de placas en agregados de grano fino, que cuando se mezclan con agua dan origen a materiales que tienen distintos grados de plasticidad. Los minerales de arcilla generalmente se clasifican en cuatro grupos de minerales estratificados y son caolinita, esmectita (montmorillonita), vermiculita e illita. La composición química de los minerales de arcilla principalmente es de minerales de silicato hidratado de aluminio o magnesio.

El tipo de formación de mineral de arcilla depende de la roca madre y del entorno fisicoquímico de la formación de la arcilla. Por ejemplo, los minerales de arcilla asociados con la mineralización de cobre porífido son completamente diferentes de los minerales de arcilla asociados con la mineralización de níquel laterítico. Los minerales de arcilla asociados con cobre porífido con rocas principalmente ácidas e intermedias (alta concentración de sílice), que experimentan una alteración hidrotérmica intensa que forma caolinita, illita y montmorillonita. Por el contrario, la arcilla asociada con lixiviación y esprolita de níquel se forma por medio de la erosión cerca de la superficie de rocas madre relativamente inestables de tipo básico o ultrabásico (baja concentración de sílice).

En general, se ha descubierto que la mayoría de los depósitos de laterita de níquel-cobalto contienen tres zonas principales basándose en la morfología, mineralogía y composición química. Estas tres zonas, desde la base hasta la superficie superior de los minerales de la roca madre circundante, son la zona de saprolita, la zona de transición y la zona de limonita con grandes variaciones en el espesor total del depósito, así como en el espesor de las zonas individuales. La zona de saprolita consta de tres subzonas separadas, saprolita porosa, saprolita y saprolita ferruginosa. La zona de saprolita predominantemente consta de "serpentinas o saponitas" y una gran diversidad de minerales de silicato

de magnesio hidroxilados que forman parte del grupo de minerales serpentinas como se detalla en "An Introduction to the Rock Forming Minerals" de Deer, Howie y Zussman; Longman Group Limited, Londres, UK, 1983. Las serpentinas tienen fórmula química general: $A_2(H_4D_2)O_5(OH)_4$, donde A representa Mg, Fe, Ni y/o Al y donde H representa Si, Fe y/o Al se caracterizan por serpentina en forma de capas, donde cada capa tiene un componente ($Si,Al)_2O_5$ tetraédrico unido a la misma por un compuesto del tipo de brucita octaédrico ($Mg(O)_2$). Son posibles diversas disposiciones de apilamiento de capas y estas disposiciones proporcionan a los depósitos de laterita su estructura estratificada y arcillosa. El proceso de erosión o serpentinización de la roca madre ultrabásica ocurre por reacción de olivina de magnesio con una baja concentración de níquel (~0,2%) y una alta concentración de hierro (~5%) se caracteriza por un descenso del Mg en la roca ultrabásica y un incremento secundario de Ni y Fe. La zona de saprolita resultante contiene entre un 0,5 y un 4% de Ni.

La zona de transición que no está bien definida está compuesta basicamente por arcillas del tipo de la nontronita (grupo esmectita) y cuarzo. Normalmente también contiene Ni en el intervalo del 1,0 al 3,0%, variando el Co concentración desde el 0,08% hasta el 1% de Co (asociado con arbolano, un óxido de manganeso hidratado). La zona de limonita (conteniendo el níquel del 0,5 al 1,8%) consta de una sección superior rica en limonita y una sección inferior rica en goethita y ricas en Fe, Al y Cr. Algunos óxidos de Fe se han completado del todo y no están presentes las secciones ricas en limonita o goethita. De hecho alternativa, dependiendo de las condiciones climáticas, la zona de limonita seguirá conteniendo silicatos de hierro-aluminio residuales, tales como clorita que es niquelífera.

Los procesos de laterización tienen lugar principalmente en ambientes tropicales o subtropicales donde prevalecen los ambientes cálidos, húmedos y con buen drenaje. Este proceso tiene lugar con una disolución lenta de olivina y presenta a lo largo de microfracturas y de los límites de grano de estos minerales, retirando normalmente metales solubles tales como magnesio y dejando el esqueleto poroso de silicatos (serpentina), sílice (calcedonia, cristobalita) y hierro, en la textura en panal, algunas veces denominada textura en malla especialmente para la serpentina.

En climas tropicales semihúmedos, prevalece más la formación de arcilla de hidróxido deficiente drenaje y al alto pH del ambiente. Además, se ha publicado que en áreas en las que el drenaje es deficiente, primero se forma un gel de sílice verdoso rico en hierro y la recristalización del gel tiene lugar con el tiempo para formar nontronita (Fe-esmectita o glauconita), kaolinita (Ni-esmectita) y saponita (Mg-esmectita). Los perfiles de minerales de nontronita son muy comunes en climas tropicales con estaciones secas prolongadas, por ejemplo, Costa de Marfil, los depósitos de níquel del Oeste de Australia, Cuba, Islas Baleares, etc. El gel de sílice rico en hierro-níquel es muy común en diversos depósitos del Este de Australia tales como los depósitos de níquel de Helong y de Murrin Murrin. Estos geles de sílice se pueden disolver lentamente, pero de forma muy lenta, en soluciones ácidas.

Se ha descubierto que la permeabilidad de la mena laterítica está controlada en gran medida por el tipo de aparición del mineral, la morfología del mineral y el tamaño de partícula. Aunque la morfología de la mena laterítica es más bien compleja y ampliamente variable entre un depósito y otro, hay algunas cosas comunes o similares de la morfología mineral en los depósitos lateríticos de níquel de todo el mundo, por ejemplo, óxidos y pisolitos de óxidos de hierro en lateritas de ferricrete, textura de malla o tamiz de serpentina, textura de esqueleto o tamiz de cuarto calcedónico, óxidos de hierro. Estas estructuras morfológicas mejoran la permeabilidad de la solución y conservan la estabilidad física de minerales individuales. Aunque no se dispone de datos experimentales del comportamiento de la nontronita sobre la permeabilidad, es de esperar que la nontronita pueda tener propiedades similares a otras arcillas esmectíticas.

Sin embargo, la nontronita en menas lateríticas es muy diferente a los sílice de textura en panal, el gel de sílice precursor y compuestos amorfos de transición entre el gel y la nontronita. Esta morfología mineral de geles de sílice poco porosos generalmente no se encuentra en depósitos de mena de cobre porfídico.

Aunque la lixiviación en montones de menas de cobre es bien conocida y que operación unitaria, hay varias diferencias entre la lixiviación en montones de menas que contienen cobre que también contienen algunos componentes de arcilla y las menas lateríticas que tienen un contenido substancial de arcilla.

En la siguiente tabla se proporcionan muestras de cada mena que contiene níquel con un componente substancial de arcilla, donde se presentan las propiedades reológicas de varias menas lateríticas diferentes.

	Tipo de Mena	Contenido de Sólidos (% en peso)	Límite Elástico (dinas/cm²)	Viscosidad de Bingham (centipoise)
Mena del Oeste Australiano	Limonita/ Saprolita	25	722	80
Mena de Nueva Caledonia	Limonita	28	40	11
Mena de Nueva Caledonia	Saprolita	28	1700	57
Mena de Nueva Caledonia	Mezcla	28	400	18
Mena de Indonesia	Limonita	30-40	<150	<15

El alto límite elástico y la viscosidad de Bingham pueden dar como resultado una operación inadecuada en las operaciones de lixiviación de alta presión o de lixiviación a presión atmosférica.

Además, estas menas pueden tener la siguiente distribución de tamaños de partícula:

Distribución de tamaños de partículas acumulativos (% en peso que pasa)		
Mena de laterita de níquel	Microfósiles	Mena de saprolita de níquel
80	37	30
100	297	45
	841	50
	1680	53
	6350	84

La tabla anterior demuestra claramente que tanto la mena de níquel de limonita como la mena de níquel de saprolita contienen cantidades significativas de material muy fino, así como un contenido significativo de arcilla.

La Patente de Estados Unidos Nº 5.571.308 describe un proceso de lixiviación en montones de menas lateríticas con alto contenido de magnesio tales como saprolita. La patente indica que la saprolita "de tipo arcillosa" muestra una permeabilidad deficiente durante la filtración. Como solución a este problema, la patente indica que la granulación de la mena es un proceso importante para asegurar la distribución uniforme del reactivo líquido a través del montón y para proporcionar gránulos con una integridad de forma suficiente como para soportar el flujo gravimétrico mientras se asegura la permeabilidad deseada para la irrigación o percolación de la solución de reactivo a través del montón. La velocidad de irrigación informada es de 10 l/h/m², que está en el límite superior de las prácticas de lixiviación en montones de cobre y convencionales. Las lateritas de níquel tienen más bien un alto consumo de ácido (menos de 1kg de ácido por tonelada de mena frente a aproximadamente diez kg por tonelada de mena de cobre) y que, debido al contenido de magnesio soluble, la lixiviación en montones a flujo bajo puede requerir un largo periodo de tiempo. Por ejemplo, la lixiviación en montones de mena de laterita de níquel podría requerir un periodo de tiempo de hasta dos cinco años a este flujo de percolación para obtener una extracción razonable de níquel (>90%). Por lo tanto, la aceleración de la cinética de lixiviación en montones es un asunto importante para el éxito tecnoeconómico de la lixiviación en montones de menas de laterita de níquel.

En Heap Leaching of Poor Laterites by Sulphuric Acid at Ambient Temperatures, S. Ayatzhanova et al, Hydrometallurgy, 1994, Institution of Mining and Metallurgy, Londres, 1994, páginas 193-208, se recoge la lixiviación en montones de lateritas con ácido sulfúrico a temperatura ambiente. Aquí, la mena de laterita tenía la siguiente distribución de tamaños de partículas:

Tamaño de partículas (micrómetros)	% p
1850	80,2
-850 a +800	4,5
-800 a +180	4,8
-180	10,5

De esta manera, se puede ver que estas menas son gruesas y, por lo tanto, muy competentes, ya que no son de grano fino y, por lo tanto, no contienen mucha arcilla. Además, la mena presentada consistía de lateritas de níquel, limonita, cuarzo, cromita y pequeñas cantidades de talco, dolomita y material diespórico. La mena se caracterizó por una textura pisolítica, con pisolitos compuestos de agregados de hematita-goethita situados dentro de una matriz pelítica rica en Fe. La matriz constaba principalmente de granos de cuarzo y cromita redondeados de clorita y hematita finas dispersas y de forma secundaria, por dolomita y material diespórico. Según se ha informado, la roca competente no contenía nada de arcilla de tipo esmectita de hinchamiento, tal como nontronita, saponita y hectorita. Además, la mena informada contenía una presencia significativa de cobre (>0,1 al 3,6%) que generalmente nunca está presente en una cantidad mayor de unos 100 ppm en una laterita de níquel típica. Además, el material informado no contenía goethita, que siempre está presente

en menas típicas de laterita de níquel. De esta manera, este artículo no trata el uso de lixiviación en montones de un mineral con níquel que contiene un componente sustancial de arcilla.

Un artículo relacionado, Extraction of nickel and cobalt from greek low grade nickel oxide ores by heap leaching, S. Agatzini-Leonardou, *et al.*, Hydrometallurgy and Refining of Nickel and Cobalt, Proceedings of the Nickel-Cobalt 97 International Symposium (agosto 1997), pág. 193-202 describe la extracción de menas de níquel de bajo grado con ácido sulfúrico diluido. La mena descrita es muy competente y no contiene menas de alta concentración de arcilla.

De forma similar, el documento GB 1 081 555 describe la extracción de menas poco oxidadas. La mena se empapa con agua o con ácido sulfúrico diluido de modo que se obtiene un contenido de humedad en la mena de aproximadamente el 10%.

Se ha publicado que cuando la mena de laterita se ha apilado, la percolación de la solución de lixiviación es deficiente o imposible. Esta observación de una percolación deficiente se explica como el resultado de la naturaleza absorbente de los constituyentes de arcilla que, cuando se mojan con la solución de lixiviación, se hinchan y cierran la porosidad establecida. Debido a la deficiente permeabilidad, se requiere una baja velocidad de irrigación para que la solución de lixiviación pueda lixiviar de forma eficaz el níquel y, de esta manera, la lixiviación requerirá un periodo de tiempo inaceptablemente largo.

El método de la presente invención resuelve este problema tratando previamente la mena con un ácido concentrado para aglomerar física y/o químicamente las partículas de arcilla fina. Se cree que el ácido concentrado rompe los minerales de arcilla y los silicatos metálicos, y solubiliza el gel de sílice de modo que la sílice re-precipitada así como los sulfatos metálicos precipitados, actúan como un agente de unión que, tras el curado, produce un gránulo más bien robusto. De forma ventajosa, estos gránulos, cuando se transforman en un montón, permiten una alta velocidad de flujo de percolación. En consecuencia, el tiempo de lixiviación es económico.

La presente invención enseña cómo realizar una lixiviación en montones para maximizar la recuperación de níquel con la mínima [illegible] independientemente del procedimiento de recuperación para extracción de níquel del efluente. En particular, la presente invención resuelve el problema de la extracción de níquel (y cobalto) a partir de las menas de laterita que contienen níquel con un componente tangible de arcilla.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un proceso para la lixiviación en montones de menas de laterita que contienen un componente sustancial de arcilla. En general, el proceso incluye las etapas de pretratamiento de la mena, construcción de montones y explotación de los montones. El pretratamiento de la mena incluye las etapas de selección de la mena, reducción del tamaño (cuando sea necesario) y la granulación de la mena. En particular, el proceso de la presente invención comprende:

a. formar al menos un montón a partir de una mezcla de la mena y ácido sulfúrico concentrado, donde la mezcla está en forma de partículas aglomeradas;

b. aplicar una solución de lixiviación de ácido sulfúrico entre el 0,1% y el 20% en la parte alta del montón a una primera velocidad media de flujo predeterminada, formándose un líquido de lixiviación en la parte inferior del montón; y,

c. dirigir el líquido de lixiviación producido en la etapa b. a un sumidero del líquido producido para el suministro directo a una planta de procesamiento para extraer sustancialmente los valores de níquel. La explotación del montón incluye las etapas de aplicar un ácido a una velocidad de percolación alta para proporcionar una cinética de lixiviación del montón acelerada como consecuencia de la granulación, control del hierro dentro del montón y descenso del consumo de ácido. De forma alternativa, el método de la presente invención contempla el manejo de un número seleccionado de montones de una manera contracorriente.

En una realización preferida, el proceso incluye reducir la mena que contiene níquel que tiene un componente sustancial de arcilla a un tamaño medio de partículas menor de 2,54 cm (una pulgada). Las partículas reducidas se transforman en gránulos mezclándolas con un ácido concentrado (preferiblemente ácido sulfúrico concentrado) y aglomerándolas en, por ejemplo, un disco rotatorio, tambor u otro aparato apropiado. La cantidad de ácido usada para aglomerar los gránulos generalmente es la cantidad requerida para neutralizar inmediatamente la mena. En otras palabras, la cantidad de ácido generalmente es la cantidad para neutralizar el MgO fácilmente disponible. En general, la cantidad de ácido varía de 20 a 100 kg de ácido (al 100%) por tonelada de mena.

Los gránulos aglomerados después pueden curarse durante un periodo de tiempo adecuado que varía desde tan solo una hora a varios días.

Después, los gránulos se disponen formando un montón con una base y una parte superior. Se aplica una solución de lixiviación en la parte superior del montón y se deja que percole hacia abajo a través del montón. El líquido producido de lixiviación se recoge en la base y puede devolverse, en *ciclos para recuperar el níquel (y/o el cobalto)* o una combinación de ambos casos. La solución de lixiviación contiene ácido sulfúrico, pero también es posible que contenga otros ácidos tales como ácido clorhídrico y nítrico.

Después, el montón puede aclararse con agua, agua ácida o salada, ácida concentrada o diluida o una combinación de los mismos, recogiéndose el efluente para la recuperación de valores de minerales.

Según se usa en la siguiente memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las expresiones "componente sustancial de arcilla" y "componente tangible de arcilla" se refieren a las menas que contienen al menos un 10% en peso de arcilla, en particular, que contienen al menos un 20% de arcilla y, más particularmente, más de un 25% de arcilla. Además, el término "arcilla", según se usa en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones, se define como cualquier sólido con un tamaño de partículas menor de 44 micrómetros.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un gráfico que muestra la distribución del tamaño de partículas de las menas descritas en el ejemplo 1 presentado más adelante.

La figura 2 es un gráfico que muestra los resultados de ensayos de permeabilidad de varios minerales con montones de distintas alturas con y sin granulación.

La figura 3 muestra el efecto de aumentar la velocidad de aplicación de la solución de lixiviación sobre la velocidad de extracción de níquel usando una solución de lixiviación de H_2SO_4 a una concentración de 50 g/l, donde la mena que contiene níquel se ha pretratado, es decir granulado, de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 muestra el efecto de aumentar la velocidad de aplicación de la solución de lixiviación sobre la velocidad de extracción de níquel usando una solución de lixiviación de H_2SO_4 a una concentración de 100 g/l, donde la mena que contiene níquel se ha pretratado, es decir, granulado de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 muestra el efecto de aumentar la velocidad de aplicación de la solución de lixiviación sobre la velocidad de extracción de cobre usando una solución de lixiviación de H_2SO_4 de una concentración de *14 g/l* sin granulación.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de lixiviación en montones de menas de lateritas que contienen un componente sustancial de arcilla. El proceso incluye reducir, cuando es necesario, una mena que contiene níquel que tiene un componente sustancial de arcilla a un tamaño medio de partículas de menos de 2,54 cm (una pulgada). El especialista en la técnica entenderá que cuando la mena ya tenga un tamaño fino de partículas, no se requerirá o será necesaria la reducción del tamaño.

Las partículas reducidas se transforman en gránulos mezclándolas con un ácido concentrado (preferiblemente ácido sulfúrico) y aglomerándolas, por ejemplo, en un disco rotatorio, un tambor u otro aparato adecuado. Los gránulos aglomerados generalmente se curan durante un periodo de tiempo que puede variar de una hora a varios días, dependiendo de la terminación del "proceso de unión química" que tiene lugar. El proceso de unión química consta de la resolubilización del gel de sílice precipitado y la disolución del hierro y del magnesio de la mena con el ácido fuerte usado para la granulación. Durante el proceso de curado, se evapora el exceso de agua y parte del agua se toma como *agua cristalizada y causa una re-precipitación de un "pegamento"* de gel de sílice de magnesio-hierro que actúa como un agente de unión química entre las partículas sólidas, dando gránulos sólidos que tienen una resistencia física deseada. El tiempo de curado será una función de la cantidad del exceso de agua o de la cantidad de agua libre que se necesita retirar de la fase de "pegamento".

Sin limitarse por ninguna teoría particular, se cree que el proceso de aglomeración anterior proporciona una estructura abierta que potencia la cinética de lixiviación. Como se ha indicado anteriormente, en la lixiviación de cobre, el consumo de ácido es de aproximadamente 10 o aproximadamente 50 kg de ácido por tonelada de mena. El componente de calcio, aluminio y/o magnesio de la mena consume al menos una porción del ácido. Como resultado, se disuelven aproximadamente 0,5 kg de mena por cada kg de ácido. Por consiguiente, para un consumo de ácido de aproximadamente 25 kg por tonelada de mena se disuelven aproximadamente 12 kg de mena o aproximadamente el 1,2% de la mena.

Por el contrario, la mena que contiene níquel consume aproximadamente 600 kg de ácido por tonelada de mena. Aproximadamente la mitad del ácido se consume en la disolución de MgO y el resto se consume en la disolución de hierro, aluminio y/o níquel. Por lo tanto, 600 kg de ácido consumirán aproximadamente 300 kg de sólidos en la mena, o aproximadamente el 30% de la mena. Esto es aproximadamente 25 veces la pérdida de peso experimentada con la lixiviación del cobre. Como resultado de esta pérdida de peso, se cree que los gránulos aglomerados resultantes tienen una estructura más abierta, en particular cuando se compara con el cobre.

Después, los gránulos aglomerados se disponen en forma de montón con una base y una parte superior. Se aplica una solución de lixiviación en la parte superior del montón y se permite que percole hacia abajo a través del montón. Se recoge el líquido (solución de lixiviación) en la base del montón y puede reciclarse, recogerse para recuperar el níquel (y/o el cobalto) o una combinación de ambos procesos. La solución de lixiviación contiene ácido sulfúrico. La solución de lixiviación puede ser una solución reciclada a partir de la cual se han recuperado los valores de metales explotables.

El método de la presente invención es particularmente adecuado para depósitos que contienen níquel que contienen un componente substancial de arcillas. Esto se refiere a los depósitos que contienen níquel en los que la arcilla constituye al menos un 10% de arcillas, generalmente más de un 20% y típicamente más de un 25% de arcilla. Como se apuntó anteriormente, arcilla se refiere a las partículas que tienen un tamaño de partícula menor de 45 micrómetros.

Estos componentes de arcilla a menudo también están presentes en la cubierta oxidada de cuerpos de mena de sulfuro de níquel y, por consiguiente, estas menas de óxido o de óxido/sulfuro mezclados pueden procesarse de forma ventajosa con esta invención. Esta cubierta de óxido generalmente contiene más de un 10% de arcilla.

En la práctica de esta invención, la muestra de mena inicialmente se tritura, cuando sea necesario, hasta conseguir un intervalo de tamaños de partículas menor de 2,54 cm, preferiblemente comprendido entre malla 6 (3350 micrómetros) y 1,9 cm, se premezcla con ácido sulfúrico y se aglomera para formar partículas (gránulos), y después se cura.

La mena se granula mezclándola con ácido sulfúrico que tiene una concentración de ácido de al menos 100 g/L, preferiblemente del 50% y más preferiblemente del 93-98%. La granulación puede realizarse en un disco rotatorio, un tambor u otro aparato adecuado conocido por los especialistas en la técnica. El ácido sulfúrico puede mezclarse con una fuente de agua, incluyendo solución salina, agua dulce o solución reciclada. Generalmente, la cantidad de ácido sulfúrico añadida es la necesaria para atacar los materiales del mineral que consumen ácido en la mena (generalmente, el MgO fácilmente adquirible a partir de silicatos de magnesio presentes en la mena). Típicamente, la cantidad varía de 20 a 100 kg de ácido sulfúrico al 100% equivalente por tonelada de mena (base seca).

Las partículas aglomeradas resultantes (gránulos) tienen un tamaño medio de partículas comprendido entre malla 6 (3350 micrómetros) y 2,54 cm. Típicamente, los gránulos aglomerados se curan. El tiempo de curado puede variar de 1 hora a 2-3 días. Preferiblemente, el tiempo de curado varía de 4 a 10 horas.

Cuando se menciona en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, el término curado significa que los gránulos se almacenan al aire libre, sin alterar durante un periodo de tiempo suficientemente largo como para que el ácido sulfúrico tenga un tiempo de reacción química suficiente para disolver parcialmente parte de la mena y secar parte del agua contenida (por evaporación al aire), de manera que precipitan sulfatos y/o silicatos básicos o gel de sílice, y se transforman en un agente de unión para mantener las partículas de mena restantes juntas en forma de *gránulos*.

Los gránulos se apilan para formar un montón que tiene una altura en el intervalo de 60,95 a 914,4 centímetros (2 a 30 pies). A esta altura, el montón puede dejarse *in situ* para su recuperación después de haberse completado la operación de lixiviación. De forma alternativa, los gránulos pueden apilarse en *áreas* que, según debe considerarse, consta de un montón con un tamaño de pared fijado y limitado. Además, generalmente el montón se hace con gránulos, por lo que el montón tiene una densidad aparente de 0,9 a 1,3 g/cm³ y una porosidad (huecos) de 0,3 a 0,6. Esto permite el uso de una velocidad de percolación alta (de 10 a 100 l/h/m²), aumentando significativamente, de este modo, la cinética de lixiviación.

El montón se forma de la siguiente manera. Si es necesario, la mena de partida se tritura hasta el tamaño de partículas deseado, identificado anteriormente. Se toma una muestra de las partículas para determinar la masa de ácido sulfúrico necesaria para aglomerar las partículas. *Después, las partículas se aglomeran y se curan. Las partículas* aglomeradas y curadas después se apilan en un montón.

Preferiblemente, la mena aglomerada granulada se conforma en dos o en una serie de montones. En la figura 6 se representa un programa para explotar los dos montones siguiendo los principios de la presente invención. Como se muestra en la figura 6, hay un montón principal y un montón secundario. La mena aglomerada granulada, sin embargo, puede conformarse en cualquier número de montones o áreas seleccionado desde el punto de vista económico.

Se lleva a cabo la recuperación óptima del níquel cuando se consumen de aproximadamente 300 a aproximadamente 700 kg de ácido sulfúrico por tonelada de mena seca. Típicamente, el ácido se añade a la solución reciclada del montón para una acidez de 2 g/l a 50 g/l, preferiblemente de al menos 10 g/L y de forma deseable de 20 g/l a 100 g/l para minimizar el consumo total de ácido. Un gradiente bajo de ácido a través del montón aumenta la selectividad de lixiviación de níquel en comparación con el hierro. El hierro, cuando está presente como ion férrico, precipita dentro del montón en forma de hidróxidos y sulfatos básicos si el pH del lixiviado está por encima de 3. Como ejemplo de acuerdo con una realización de la presente invención, puede explotarse uno de los montones de la forma anterior para precipitar hierro férrico y, después, el montón actúa como un reactor de precipitación de hierro. Por lo tanto, la presente invención proporciona un método eficaz de control de hierro con lixiviación en montones. La gran porosidad o vacíos (de 0,3 a 0,6) del montón, que es el resultado de la presente técnica de granulación, minimiza o previene los atascos causados por cualquier precipitación de hierro.

Debido a su alto contenido en MgO, todas las menas de saprolita son muy básicas y se considera que tienen potencial para neutralizar ácido. Yoshio Ogura en (Y. Ogura, *et al.* "Geochemistry and Mineralogy of Nickel Oxide Ores in the Southwestern Pacific Area", Proceedings of the International Seminar on Laterite Processing, Jaswadhan, India, 1979, Oxford and IBH Publishing Co. Nueva Delhi, 1980) *presentó los datos de las mediadas de los valores de* pH de soluciones acuosas en contacto con diferentes zonas de mena de depósitos de laterita. Como la mena de laterita de níquel se forma por disolución y precipitación de componentes químicos por la erosión de rocas madre, es necesario un cambio en el valor del pH en un perfil de mena de laterita. Los datos de Ogura se presentan en la siguiente tabla.

Valores de pH en zonas de mena de laterita

Zona de Mena	Espesor en metros	pH
Limonita	0 - 8	5,6 - 6,7
Saprolita	8 - 20	6,9 - 8,3
Roca base	+ 20	8,6 - 10,0

Si una mena de saprolita se mezcla con una solución ácida que contiene níquel (pH de 0,5 a 2), o si esta solución se pasa sobre una pila de mena de saprolita o de material de roca base, la mena neutralizará el ácido residual, elevando el pH a un valor comprendido entre 3 y 4. Si está presente hierro férrico en la solución ácida de níquel, precipitará según se eleva el pH, ya que el hidróxido férrico comienza a precipitar a un pH de aproximadamente 2,5. Por lo tanto, el paso de una solución que contiene hierro férrico a través de un montón de mena de saprolita o de roca base tendrá como resultado una precipitación, pero como la porosidad de un montón granulado es muy alta (del 50% o más), hay espacio y *área superficial suficiente para que el hierro precipite* y el hidróxido quede retenido dentro del montón.

El hecho de tener un mena de laterita que está siendo erosionada implica que parte de la mena se ha erosionado y se ha convertido en los diversos silicatos de magnesio amfibólicos y que parte de la mena consta de roca ultrabásica sin erosionar. Esta parte de la mena, generalmente el núcleo de bloques y fragmentos de la roca, tiene una concentración relativamente alta de minerales de silicato de alto contenido de magnesio (tales como olivina) que no se disuelven fácilmente en la solución de lixiviación de montones. Como la acidez de la solución de lixiviación de montones puede controlarse, hierro este fenómeno proporciona una oportunidad para minimizar el consumo de ácido por minerales portadores de silicato de alto contenido de magnesio y bajo contenido de níquel.

La solución ácida generalmente se aplica por pulverización sobre una capa de roca base inerte, que actúa como distribuidor de líquido en el montón, aunque puede usarse cualquier método para dispersar de forma adecuada e uniforme el ácido sobre el montón. La solución de ácido se aplica a una velocidad de flujo de *al menos 10 l/h/m²*, preferiblemente al menos 20 l/h/m². Pueden usarse velocidades de flujo substancialmente mayores (tales como 100 l/h/m² y mayores), estando dictado el límite superior por lo que los especialistas en la técnica han definido como la conductividad hidráulica de un lecho de sólidos.

La roca base del cuerpo de mena de laterita generalmente es una roca ultramáfica compuesta por silicatos de magnesio hidratados, que tiene capacidad de neutralización de ácidos limitada. Su capacidad de neutralización puede incrementarse de forma significativa si la mena se somete a un proceso de deshidroxilación en el que la mena se calienta a una temperatura comprendida entre 300 y 800°C para retirar el agua unida químicamente y convertir el silicato de magnesio hidratado en un compuesto con un contenido de silicato anhidro de magnesio que puede consumir ácido.

Para asegurar la recuperación óptima de níquel con una eficacia máxima, cada montón se lixivia de la siguiente manera. El primer montón se lixivia con lixiviante nuevo (H_2SO_4) con una concentración de al menos 10 gpl. El lixiviante puede ser una solución que comprenda entre un 0,1% y un 20% de ácido sulfúrico. El montón se acidula con H_2SO_4 con un pH de 2. El líquido de lixiviación se drena y se analiza con respecto a la presencia de ácido libre. Si el pH es mayor de 2 o el contenido de ácido sulfúrico libre es menor de 1 g/L entonces el licor puede dirigirse a una operación de recuperación de níquel. A estos niveles no se requiere neutralización adicional y el níquel puede recuperarse, por ejemplo por un proceso de intercambio iónico. Sin embargo, en la práctica, la mayor parte del licor de lixiviación se dirige hacia un montón 2, preferiblemente del 60% al 90% del volumen del licor de lixiviación se dirige al montón 2, dirigiéndose el resto a un tratamiento de recuperación de níquel.

Además de aplicar el licor de lixiviación del montón 1 se aplica al montón 2 ácido sulfúrico nuevo (que tiene una concentración de al menos 10 gpl). El montón se acidula con H_2SO_4 que tiene un pH de 2. En el licor de lixiviación del montón 2 se analiza *la presencia de ácido libre. Si el pH es mayor de 2* o el contenido de ácido sulfúrico libre es menor de 1 g/L entonces el licor puede dirigirse a una operación de recuperación de níquel. A estos niveles no se requiere neutralización adicional y el níquel puede recuperarse, por ejemplo, por un proceso de intercambio iónico. En la práctica, la mayor parte del licor de lixiviación se dirige hacia la recuperación de níquel, preferiblemente del 60% al 90% del volumen del licor de lixiviación se dirige a la recuperación de níquel, dirigiéndose el resto a un tercer montón.

Como se muestra en la figura 6, el proceso puede continuar dependiendo del número de montones. Previamente

186

se ha descubierto que, con respecto a las lateritas de níquel, el consumo total de ácido por tonelada de mena para obtener una extracción adecuada de níquel y cobalto es crítica para los aspectos económicos del proceso. De forma sorprendente, ahora se ha descubierto que la cantidad de ácido necesaria para obtener una extracción adecuada de níquel y cobalto es significativamente mayor que la requerida para convertir la arcilla en una substancia que puede colocarse en un montón, cocerse y fraccionarse en montones. En general, la zona de lixiviación de un cuerpo de mena de laterita requiere entre 200 y 400 kg de ácido sulfúrico por tonelada de mena, mientras que para la zona de saprolita, los requisitos son mayores, entre 400 y 800 kg de ácido sulfúrico por tonelada de mena. Por el contrario, en la práctica de la presente invención, todo lo que se requiere es ácido en el intervalo de 20 a 100 kg de ácido sulfúrico por tonelada de mena para producir un gránulo con las características deseadas para resistir la manipulación y cargas aplicadas debidas al amontonamiento de mena hasta una altura de hasta 9 metros.

Se cree que introduciendo quimicamente una cantidad inicial de lixiviante (preferiblemente, ácido sulfúrico concentrado) en las partículas durante las etapas de granulación y curado, se cambia la cinética de reacción química en el gránulo. De forma sorprendente, se ha descubierto que se acelera la cinética de lixiviación de los gránulos individuales y de toda el montón, aparentemente porque hay menos limitaciones de transferencia de masa.

Los siguientes ejemplos ilustran, pero no limitan, la presente invención. A menos que se indique otra cosa, todas las partes y porcentajes son en peso.

Ejemplo 1

Los siguientes ensayos de conductividad hidráulica demuestran cómo la granulación cambia de forma significativa la permeabilidad del montón a una altura dada del montón. El ensayo se realizó sellando la base de un tubo relleno con mena a un nivel basal y permitiendo que fluyera agua en dirección ascendente hasta el fondo de la muestra y hacia afuera de la parte superior. Se puso una grava de drenaje gruesa de aproximadamente 0,5 metros en la parte superior e inferior de la muestra para distribuir uniformemente el agua. Se puso un material de filtro entre la muestra y la grava de drenaje para prevenir la intrusión de grava en la muestra. Se usó agua del grifo como fluido de infiltración. Se tomaron medidas de modo que pudiera calcularse el volumen de agua que fluía a través de la muestra con el tiempo. La conductividad hidráulica se calculó usando la ley de Darcy. El ensayo se realizó en condición sin carga y con carga simulando alturas de montón especificadas, por ejemplo, de 4, 8 y 12 metros.

Se aplicó a las muestras un cargo por medio de un ariete hidráulico calibrado situado entre dos placas cargadas que comprimían un muelle para ejercer la carga. Se controló el asentamiento de las muestras de ensayo con respecto al tiempo para verificar cuando se había completado el asentamiento y se podía iniciar el ensayo de conductividad hidráulica. Se calcularon cargas equivalentes para una altura de montón dada usando un peso de unidad de humedad asumido de 1,5 gramos por centímetro cúbico para la mena.

En la fig. 2 se muestran los resultados de permeabilidad de un mena de laterita de níquel sin granular (Laterita de Níquel "Tal Qual"). Se ha visto que esta mena tiene muy poca permeabilidad y, de hecho, es tan próxima que no es adecuada para la lixiviación en montones porque el tiempo de lixiviación sería interpretablemente largo con esta baja velocidad de percolación.

El ensayo hidráulico se realizó con una mena de cobre de alto contenido de arcilla que tenía la composición mostrada en la tabla 1.

Tamaño de Partículas (milímetros)	% en Peso que Pasa	
	Mena de Cobre de Alto Contenido de Arcilla	Mena de Cobre Competente
1,63	5	5
2,02	7	6
2,95	10	10
4,19	13	16
9,50	19	25
47,65	23	46
95,00	37	75
114,00	38	100
190,00	52	

(Continuación)

Tamaño de Partículas (milímetros)	% en Peso que Pasa	
	Mena de Cobre de Alto Contenido de Arcilla	Mena de Cobre Competente
24,00	58	
38,00	72	
76,00	100	

La figura 1 muestra de forma gráfica la distribución del tamaño de partículas de las menas de saprolita, intermedia y de alto contenido de arcilla. Se observa que la permeabilidad de la mena de cobre de alto contenido de arcilla se reducía cuando se aumentaba la altura del montón. Los resultados se muestran en la figura 2.

Una mena de cobre competente que tiene la composición mostrada en la tabla 1 tiene un comportamiento de permeabilidad diferente. Como se muestra en la figura 2, se observa que cuando aumentaba la altura del montón, no se reducía la permeabilidad. Se cree que este efecto se debe a que este mineral tenía pocos finos, un contenido nulo de arcilla y era muy grueso.

Un mena de laterita de níquel granulada de acuerdo con la presente invención tiene un comportamiento de permeabilidad bastante diferente. Como se muestra en la figura 2 (círculos de Níquel "INVENTIVE"), la permeabilidad aumentaba en un factor de al menos 10.000 en comparación con la mena de laterita que no había sido granulada. Además, la permeabilidad permanecía esencialmente constante, independiente de la altura dada del montón. La alta permeabilidad puede tolerar una alta velocidad de percolación de modo que se acelere significativamente la cinética de lixiviación del montón.

Como comparación, en la figura 2 también se muestran las propiedades de lixiviación de montones presentadas por Agatzini, mencionado anteriormente (denominada "Mena Griega"). Se cree que con mena menos restricciones de flujo debido a la formación de yeso cuando el ácido sulfúrico se combina con el calcio significativo presente. Además, la mena no se había granulado tras de la presente invención.

Como se muestra en la figura 2, una mena de laterita de níquel arcillosa típica sin pretratamiento de permeabilidad permitirá una velocidad de flujo de irrigación de aproximadamente 0,01 l/h/m² (denominada Laterita de Níquel "Tal Qual"). Esta velocidad de percolación no tiene importancia práctica, ya que un montón de un metro de altura requeriría un tiempo de lixiviación poco realista. Por ejemplo, para procesar una tonelada de mena de níquel en un montón de un metro cuadrado que contiene un 2% de Ni se requerirían aproximadamente 5.000 litros de solución de lixiviación para extraer todo el níquel. Con una velocidad de percolación de 0,01 l/h/m², esto tardaría 5.000/0,01 = 500.000 horas o aproximadamente 57 años de operación. De forma alternativa, si se usara el proceso de acuerdo con la presente invención, podría usarse una velocidad de percolación de 100 l/h/m², como se muestra en la figura 2, y el tiempo requerido para la extracción completa del níquel podría reducirse a 500.000/100 = 50 horas.

Ejemplo 2

Se llevó a cabo el siguiente ensayo. Se redujo una mena que contenía níquel con un componente substancial de arcilla con una trituradora de mandíbulas para proporcionar un tamaño menor de 2,54 cm (una pulgada). La mena reducida se aglomeró (granuló) mezclando la mena con ácido sulfúrico a una concentración del 93-98% en un mezclador rotatorio para formar gránulos estables. La concentración de aglomeración fue de 25 kg de ácido sulfúrico por tonelada de mena seca. Una porción de los gránulos se dispuso en un montón que tenía una altura de 3,9 m (13 pies). A partir de entonces, se aplicó ácido sulfúrico que tenía una concentración de 50 g/l a la parte superior del montón a una velocidad de 10 l/h/m². Se tomaron muestras para determinar la cantidad de níquel extraído.

Otra porción de los gránulos se dispuso en un montón que tenía una altura de 3,3 m (11 pies). A partir de entonces, se aplicó a la parte superior del montón ácido sulfúrico que tenía una concentración de 50 g/l a una velocidad de 40 l/h/m². De nuevo, se tomaron muestras para determinar la cantidad de níquel extraído. Se observó que el tiempo de lixiviación disminuía en un factor de aproximadamente siete con el aumento en la velocidad de aplicación de ácido en un factor de cuatro. Los resultados se muestran en la figura 3.

Ejemplo 3

Se repitió el ensayo del ejemplo 2 con la excepción de que se usó una concentración de ácido de 100 g/l en lugar de 50 g/l. La tasa de extracción de níquel aumentó en comparación con el ejemplo 2. Además, disminuyó el tiempo de lixiviación en un factor de aproximadamente siete con el aumento en la velocidad de aplicación de ácido. Los resultados se muestran en la figura 4.

Ejemplo 4

Se realizó un ensayo comparativo usando una mena que contenía cobre en lugar de una mena que contenía níquel. La mena que contenía cobre se dispuso en dos montones, teniendo uno una altura de 3 metros (10 pies) y teniendo el otro una altura de 3,6 metros (12 pies). Se aplicó a la parte superior de los montones ácido sulfúrico que tenía una concentración de hasta 14 g/l a una velocidad de aplicación de 10 l/h/m² y a una velocidad de aplicación de 40 l/h/m², respectivamente. La velocidad de extracción de cobre se mostró en la figura 5. Se observó que el aumento de la velocidad de aplicación de ácido sólo reduce el tiempo de lixiviación en un factor máximo de dos. Se cree que la cinética de reacción para la lixiviación de cobre está controlada principalmente por la velocidad de reacción química. En comparación, se cree que la cinética de reacción para la lixiviación de níquel está controlada principalmente por la difusión y, por lo tanto, por la velocidad del flujo de solución en la velocidad de percolación.

Los ejemplos anteriores y las figuras asociadas demuestran que la granulación, como un tratamiento previo de la mena, aumenta la permeabilidad del montón así como la cinética de lixiviación del montón. En la lixiviación de montones de laterita de níquel, la granulación permite el uso de un flujo mayor que el de la tecnología convencional de montones. En consecuencia, se observó un aumento de la cinética de lixiviación.

Ejemplo 5

Se realizaron varios ensayos para demostrar la conveniencia de manejar la lixiviación del montón a contracorriente como se muestra en la figura 6. La lixiviación a contracorriente consistía de dos columnas Nº 1 y Nº 2. La columna Nº 1 se alimentó inicialmente con una solución que contenía sólo ácido sulfúrico a una acidez de 300 g/l. Como el 21% de la solución de descarga de la columna Nº 1 (lixiviado) tenía el pH requerido (3 y superior) para la recuperación del metal, se envió a un almacenamiento final de la solución, pero el 79% restante del lixiviado era demasiado ácido para la recuperación del metal y, por lo tanto, se transfirió a la segunda columna Nº 2 (denominada de lixiviación principal). El lixiviado de la columna Nº 2 de lixiviación principal también se envió para el almacenamiento final de la solución, cuando se consumió el exceso de ácido. Tras completar la lixiviación principal, la columna Nº 2 se alimentó con una solución que contenía ácido sulfúrico sólo a una acidez de 100 g/l (denominada lixiviación retardada). La siguiente tabla resume los resultados de este grupo de ensayos. La tabla demuestra claramente los beneficios de una explotación contracorriente, ya que todas las soluciones finales tenían un pH mayor de 3 y podía retirarse parte del hierro de la solución.

Columna Nº	Método de Operación	% de Reciclado	Kg de H_2SO_4 por tonelada de mena	Solución Ley - g/l		Extracción de lixiviación "principal" - %		Extracción total - %	
				Ni	Fe	Ni	Fe	Ni	Fe
1	Un solo paso	0	456	3,4	9,8	-		65,6	37,4
2	Contra-corriente	79	454	3,1	11,0	2,4	-4,3	66,1	27,7

De forma similar, se almacenaron dos columnas Nº 3 y Nº 4 con una solución que contenía H_2SO_4 a 100 g/l y NaCl a 27 g/l para simular la lixiviación en montones con agua de mar. Como el 81% del lixiviado de la columna Nº 3 tenía un pH mayor de 3, sólo el 19% de lixiviado resultante de la columna Nº 3 necesitaba ser reciclado a la columna Nº 4. Tras completar la lixiviación "principal", la columna Nº 4 se enjuagó con el agua de mar simulada. Se obtuvieron resultados similares a los datos anteriores, y se presentan en la siguiente tabla.

Columna Nº	Método de Operación	% de Reciclado	Kg de H_2SO_4 por tonelada de mena	Solución Ley - g/l		Extracción de lixiviación "principal" - %		Extracción total - %	
				Ni	Fe	Ni	Fe	Ni	Fe
3	Un solo paso	0	622	2,9	10,3	-	-	86,0	59,3
4	Contra-corriente	89	499	2,9	8,9	30,4	1,1	86,1	52,2

REIVINDICACIONES

1. Un método de explotación de un proceso de lixiviación en montones para la lixiviación de níquel a partir de mena de laterita que contiene un componente substancial de arcilla, que comprende:

a) formar al menos un montón a partir de una mezcla de la mena y ácido sulfúrico concentrado, donde la mezcla está en forma de partículas aglomeradas;

b) aplicar una solución de lixiviación con una concentración de ácido sulfúrico comprendida entre un 0,5% y un 20% a la parte superior del montón a una primera velocidad de flujo media predeterminada, donde se forma un líquido de lixiviación en la base del montón; y

c) dirigir el licor de lixiviación de la etapa (b) a un sumidero de líquido producido para suministro directo a una planta de procesamiento para la extracción substancial de valores de níquel.

2. El método de la reivindicación 1, en el que la mena contiene al menos un 10% en peso del componente de arcilla.

3. El método de la reivindicación 2, en el que la mena tiene un tamaño medio de partícula menor de 2,54 cm.

4. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla de mena y ácido sulfúrico concentrado se forma:

a) clasificando la mena que contiene níquel de modo que tenga un tamaño medio de partículas menor de 2,54 cm;

b) mezclando la mena con el tamaño deseado con ácido sulfúrico concentrado; y,

c) aglomerando la mena con el tamaño definido para formar partículas aglomeradas que tienen un tamaño medio de partículas en el intervalo de 1250 micrómetros a 2,54 cm.

5. El método de la reivindicación 4, que adicionalmente comprende la etapa de curar las partículas aglomeradas.

6. El método de la reivindicación 1, en el que el ácido sulfúrico se aplica a la parte superior del montón a una velocidad de flujo de al menos 10 l/h/m².

7. El método de la reivindicación 5, en el que el ácido sulfúrico se aplica a la parte superior del montón a una velocidad de flujo de al menos 20 l/h/m².

8. El método de la reivindicación 1, en el que la solución de lixiviación consta de agua de mar fortalecida con ácido sulfúrico.

9. El método de la reivindicación 1, en el que se forma una pluralidad de montones de modo que se define un montón principal y un montón secundario.

10. El método de la reivindicación 9, en el que uno de los montones se usa como reactor de precipitación de hierro.

11. El método de la reivindicación 1, en el que un material de roca base en una configuración de montón para el control del pH final y de la precipitación de hierro.

12. El método de la reivindicación 11, en el que el material de roca base se calienta a una temperatura comprendida entre 200° y 300°.

Operaciones de Transferencia de Masa – Robert E. Treybal – Segunda Edición

Operaciones de Transferencia de Masa

Español · PDF | 17.6 MB · Autor: Robert E. Treybal | 2da Edición · 1988
ISBN: 9686046348 | 862 Páginas

CAPÍTULO
TRECE

LIXIVIACIÓN

La lixiviación es la disolución preferente de uno o mas componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido. Esta operación unitaria, una de las mas antiguas en la industria química, ha recibido muchos nombres, según la técnica más o menos compleja utilizada para llevarla a cabo. La *colada* se refería originalmente a la percolación del líquido a través de un lecho fijo del sólido, pero en la actualidad se utiliza para describir la operación en forma general, sin importar la forma en que se realice.† Lixiviación se utiliza con menos frecuencia como sinónimo para colada, aunque al principio se refería específicamente a la colada de álcali a partir de cenizas de madera. El término ***extracción*** también se emplea por lo común para describir esta operación particular, aunque también se aplica a todas las operaciones de separación, que utilicen métodos de transferencia de masa o mecánicos. La ***decocción*** se refiere específicamente al uso del disolvente a su temperatura de **ebullición.** Cuando el material soluble está sobre todo en la superficie de un sólido insoluble y simplemente se lava con el disolvente, la operación algunas veces recibe el nombre de ***elución***. En este capítulo también se analizarán estas operaciones de lavado, puesto que frecuentemente se relacionan íntimamente con la lixiviación.

Tal vez las industrias metalúrgicas son las que más utilizan las operaciones de lixiviación. La mayoría de los minerales útiles se encuentran en forma de mezclas, con grandes proporciones de componentes indeseables: por eso, la lixiviación del material valioso es un método de separación que se aplica con frecuencia. Por

† En español el término empleado con mayor frecuencia es el de lixiviación. *Nota del T.*

ejemplo, los minerales de cobre se disuelven preferentemente a partir de algunos de sus minerales por lixiviación con ácido sulfúrico o soluciones amoniacales, y el oro se separa de sus minerales con la ayuda de soluciones de cianuro de sodio. En forma similar, la lixiviación juega un papel importante en el procesamiento metalúrgico de aluminio, cobalto, manganeso, níquel y zinc. Muchos productos orgánicos naturales se separan de sus estructuras originales mediante lixiviación. Por ejemplo, el azúcar se separa por lixiviación de la remolacha con agua caliente; los aceites vegetales se recuperan a partir de semillas, como las de soya y de algodón mediante la lixiviación con disolventes orgánicos; el tanino se disuelve a partir de diferentes cortezas arbóreas mediante lixiviación con agua; en forma similar, muchos productos farmacéuticos se recuperan a partir de raíces y hojas de plantas. El té y el café se preparan doméstica e industrialmente por operaciones de lixiviación. Además, los precipitados químicos con frecuencia se lavan de sus aguas madres adheridas mediante técnicas y equipo muy similares a los utilizados en las verdaderas operaciones de lixiviación, como en el lavado del licor de sosa cáustica del carbonato de calcio precipitado después de la reacción entre óxido de calcio y carbonato de sodio.

Preparación del sólido

El éxito de una lixiviación y la técnica que se va a utilizar dependen con mucha frecuencia de cualquier tratamiento anterior que se le pueda dar al sólido.

En algunos casos, las pequeñas partículas del material soluble están completamente rodeadas de una matriz de materia insoluble. Entonces, el disolvente se debe difundir en la masa y la solución resultante se debe difundir hacia el exterior antes de poder lograr una separación. Esto es lo que sucede con muchos materiales metalúrgicos. La trituración y molienda de estos sólidos acelerará bastante la acción de lixiviación, porque las porciones solubles son entonces más accesibles al disolvente. Por ejemplo, cierto mineral de cobre puede lixiviarse eficazmente por soluciones de ácido sulfúrico de 4 a 8 h, si se muele hasta que pase a través de una malla 60; en 5 días, si se tritura hasta gránulos de 6 mm, y de 4 a 6 años si se utilizan rocas de 140 mm [43]. Puesto que la molienda es cara, la calidad del mineral tiene mucho que ver con la elección del tamaño al cual se va lixiviar. Por otra parte, en el caso de ciertos minerales de oro, las pequeñas partículas metálicas están revueltas en una matriz de cuarzo que es tan impenetrable a la acción de lixiviación del disolvente que es básico moler la roca para que pase por una malla 100 para que ocurra la lixiviación. Cuando la sustancia soluble está distribuida más o menos uniformemente en todo el sólido o aun en solución del sólido, la acción de lixiviación puede proporcionar canales para el paso del disolvente fresco y tal vez no sea necesaria una molienda muy fina. El derrumbe del esqueleto insoluble que permanece después de la separación del soluto puede, sin embargo, presentar problemas.

Los cuerpos vegetales y animales tienen una estructura celular, los productos naturales que se van a lixiviar a partir de estos materiales se encuentran generalmente dentro de las células. Si las paredes celulares permanecen intactas después

de la exposición a un disolvente adecuado, entonces en la acción de lixiviación interviene la ósmosis del soluto a través de las paredes celulares. Este puede ser un proceso lento. Sin embargo, moler el material lo suficientemente pequeño como para liberar el contenido de las células es poco práctico y algunas veces indeseable. Así, la remolacha se corta en rebanadas delgadas, en forma de cuñas, antes de la lixiviación, a fin de reducir el tiempo requerido para que el agua disolvente llegue a cada célula vegetal. Sin embargo, las células se dejan deliberadamente intactas, de forma que el azúcar pase a través de las paredes celulares semipermeables y que los indeseables materiales coloidales y albumínicos queden casi completamente detrás. En el caso de muchos productos farmacéuticos, recuperados a partir de raíces, tallos y hojas vegetales, el material vegetal con frecuencia se seca antes del tratamiento; esto favorece la ruptura de las paredes celulares y la liberación del soluto mediante la acción directa del disolvente. Las semillas vegetales y los cereales, tal como la soya, se aplanan o se hacen hojuelas para obtener partículas de 0.15 a 0.5 mm. Por supuesto, las células tienen un tamaño menor, pero se rompen bastante debido al proceso de formación de hojuelas; entonces, los aceites se ponen más fácilmente en contacto con el disolvente.

Cuando el soluto se adsorbe sobre la superficie de las partículas sólidas o se disuelve simplemente en una solución adherente, no es necesaria la trituración o molienda y las partículas pueden lavarse directamente.

Temperatura de lixiviación

Por lo general se desea realizar la lixiviación a temperaturas lo más elevadas posible. Las temperaturas elevadas producen la mayor solubilidad del soluto en el disolvente y, en consecuencia, concentraciones finales mayores en el licor de lixiviación. A temperaturas elevadas la viscosidad del líquido es menor y mayores las difusividades; esto incrementa la rapidez de lixiviación. En el caso de algunos productos naturales, como las remolachas, las temperaturas muy elevadas pueden producir la lixiviación de cantidades excesivas de solutos indeseables o de deterioro químico del sólido.

Métodos de operación y equipo

Las operaciones de lixiviación se realizan por lotes o semilotes (estado no estacionario) y también en condiciones totalmente continuas (estado estacionario). En cada categoría se encuentran equipos del tipo de etapas y de contacto continuo. Se utilizan dos técnicas principales de manejo: la aspersión o goteo del líquido sobre el sólido y la completa inmersión del sólido en el líquido. En cualquier caso, la elección del equipo que se va a utilizar depende bastante de la forma física de los sólidos y de las dificultades y costo de manejo. En muchos casos, esto ha llevado al uso de equipos muy especializados en ciertas industrias.

OPERACIÓN EN ESTADO NO ESTACIONARIO

Las operaciones en estado no estacionario incluyen aquellas en que los sólidos y los líquidos se ponen en contacto únicamente en forma de lotes y también aquellas en que un lote del sólido se pone en contacto con una corriente que fluye continuamente del líquido (método por semilotes). Las partículas sólidas gruesas generalmente se tratan en lechos fijos mediante métodos de percolación, mientras que los sólidos finamente divididos, que pueden mantenerse más fácilmente en suspensión, pueden dispersarse en todo el líquido con la ayuda de algún tipo de agitador.

Lixiviación in situ

Esta operación, que algunas veces se llama *minería en solución*, se refiere a la lixiviación por percolación de los minerales en la mina, mediante la circulación del disolvente sobre y a través del cuerpo del mineral. Se utiliza regularmente para obtener sal a partir de los depósitos en la superficie de la tierra mediante la disolución de la sal en agua, la cual se bombea hasta el depósito. Se ha aplicado a la lixiviación de minerales con bajo contenido de cobre, tan bajo como 0.2% de cobre [34] y a vetas a profundidades de hasta 335 m (1 100 ft) debajo de la superficie [4]. En la minería en solución para uranio, el mineral debe oxidarse *in situ*, con el fin de solubilizarlo en soluciones de carbonato. Los reactivos pueden inyectarse continuamente a través de una serie de tuberías que bajan hasta la veta; el licor resultante se obtiene a través de otra serie de tuberías. En forma alternativa, el reactivo puede bombearse intermitentemente y sacarse a través del mismo pozo.

Lixiviación a la intemperie

Los minerales con bajo contenido, cuyo valor en mineral no garantiza el gasto de molienda o trituración, pueden lixiviarse en forma de rocas extraídas de la mina y colocadas en grandes montones sobre terreno impermeable. El licor de lixiviación se bombea sobre el mineral y se obtiene cuando sale del montón. El cobre se ha lixiviado de esta forma a partir de minerales de pirita en montones que contienen hasta $2.2(10^7)$ toneladas métricas de mineral: con este propósito se han utilizado más de 20 000 m^3 diarios (5 millones de galones) de licor de lixiviación. Tal vez se necesiten 7 o más años para reducir el contenido de cobre de estos montones del 2 al 0.3%. En un caso normal de lixiviación a la intemperie de uranio, después de colocar una tubería perforada de drenaje sobre una base de arcilla impermeable, el mineral se apila sobre las tuberías, en montones de 6 a 8 m de altura, con sección transversal trapezoidal y 120 m de ancho en la base, con una longitud de hasta 800 m (0.5 millas). La solución de lixiviación, que se introduce en forma de lagunas en la parte superior del montón, se va percolando hasta las tuberías de drenaje en la base, de donde se lleva a otro lugar.

Tanques de percolación

Los sólidos de tamaño intermedio pueden lixiviarse adecuadamente con métodos de *percolación en tanques abiertos. La construcción de estos tanques varía* bastante, según la naturaleza del sólido y del líquido que se van a manejar y el **tamaño** de la **operación,** pero son relativamente baratos. Los tanques **pequeños** frecuentemente se hacen de madera, siempre y cuando este material no sea atacado *químicamente por el líquido de lixiviación. Las partículas* sólidas por lixiviar descansan sobre un fondo falso, que en la construcción más sencilla consiste en una rejilla de tiras de madera colocadas en forma paralela unas con respecto a otras y lo suficientemente cercanas para sostener al sólido. Éstas, a su vez, pueden descansar *sobre tiras similares colocadas en ángulos rectos,* separadas 150 mm o más, de forma que el licor de lixiviación pueda fluir hasta un conjunto de tuberías que llevan al fondo del tanque. Para sostener partículas muy finas, la rejilla de madera puede cubrirse mediante una estera de coco y un filtro de lona muy tenso *y sujeto con una cuerda metida en una ranura alrededor de la periferia del fondo* falso. Los tanques pequeños también pueden hacerse completamente de metal, con fondos falsos perforados, sobre los cuales se coloca una tela filtro, como en la lixiviación de productos farmacéuticos a partir de plantas. Los tanques de **percolación** *muy grandes (45 por 34 por 5.5 m de profundidad) para* la lixiviación de minerales de cobre, se han fabricado de concreto reforzado revestidos con cemento de plomo o bituminoso. Los tanques pequeños pueden tener puertas laterales cerca del fondo para extraer el sólido lixiviado, mientras que los tanques muy *grandes generalmente se vacían excavando* desde la parte superior. Los tanques deben llenarse con sólidos cuyo **tamaño** de partícula sea lo más uniforme posible; de esta manera, el porcentaje de huecos será mayor y menor la caída de presión requerida para el flujo del líquido de lixiviación. Esto también induce la uniformidad del grado de lixiviación de cada partícula sólida y una dificultad menor ocasionada por el acanalamiento del líquido que podría pasar a través de un número limitado de pasajes a través del lecho de sólidos.

La operación de uno de estos tanques puede seguir distintos procedimientos. *Después de que el tanque se llena* con sólido, un lote de disolvente, lo suficientemente grande para sumergir al sólido, se puede bombear en el tanque y dejar que toda la masa se empape o remoje durante cierto periodo. A lo largo de este periodo, el lote del líquido puede circularse o no sobre el sólido mediante bombeo. *Entonces,* el líquido puede drenarse del sólido a través del fondo falso del tanque. Toda esta operación representa una etapa. Con la repetición de este proceso se obtendrá la disolución final de todo el soluto. Entonces, el único soluto retenido es el que está disuelto en la solución que humedece al sólido drenado. Éste puede *enjuagarse* llenando el tanque con disolvente fresco y repitiendo la operación tantas veces como sea necesario. Un método alternativo es admitir líquido continuamente al tanque y **continuamente** separar la solución resultante, con o sin recirculación de una parte del flujo total. Una operación de este tipo puede ser equivalente a muchas etapas. Como la solución que se obtiene de ordinario es más densa que el disolvente, el mezclado por **convexión** se reduce mediante la percolación en dirección descendente. Algunas veces se utiliza el flujo ascendente, con el fin de evitar que se tape el lecho o el filtro con rebabas, pero esto puede provocar el arrastre excesivo de esas rebabas en el líquido sobrenadante. Otra modificación, utilizada con menos frecuencia, es la aspersión continua del líquido sobre la parte superior, dejando que el líquido gotee a través del sólido, el cual nunca se sumerge por completo. Hay estudios excelentes sobre los procesos, técnicas y química de la lixiviación de minerales [6].

Retención del líquido después del drenado

Imagínese un lecho de sólidos granulares, cuyo espacio vacío esté completamente lleno de líquido. Cuando se drena el líquido mediante el efecto de la gravedad, admitiendo aire en los lugares vacíos desde la parte superior del lecho, el flujo del líquido es inicialmente, muy elevado. El flujo va decayendo gradualmente, después de un periodo relativamente largo ya no ocurre drenado. Sin embargo, el lecho aún contiene líquido. La fracción del volumen vacío que aún está ocupada por líquido se denomina *saturación residual,* s, que sólo incluye el líquido retenido en el exterior de las partículas y no el líquido que pudo haberse retenido dentro de los poros de un sólido poroso. En la figura 13.1 se muestra la variación de s con la altura del lecho [11]. En la parte superior del lecho, el valor de s es constante en s_0; éste representa el líquido que permanece en los huecos y **pequeños ángulos** entre las partículas como fajas, mantenidas en su lugar por la **tensión** superficial. En la parte inferior del lecho, el líquido está retenido en los espacios vacíos y los llena completamente ($s = 1.0$) por acción capilar. La altura drenada Z_D se define como la altura en donde el valor de s es el promedio entre el rango desde s_0 hasta 1, tal como se muestra en la figura. El valor promedio de s para todo el lecho será el área entre el eje de las ordenadas y la curva en la figura, dividida entre la altura del lecho Z,

$$s_{pr} = \frac{(Z - Z_D)s_0}{Z} + \frac{Z_D}{Z} \tag{13.1}$$

Un gran número de mediciones de Z_D en gran variedad de condiciones muestra que, aproximadamente [11],

$$Z_D = \frac{0.275(g_c/g)}{(K/g)^{0.5}(\rho_L/\sigma)} \tag{13.2}$$

en donde K es la "permeabilidad" del lecho, ρ_L es la densidad del líquido y σ la tensión superficial del líquido. Se ha encontrado que el valor de s_0 depende del grupo $(K\rho_L/g\sigma)(g/g_c)$ llamado el *número capilar,* como sigue:

$$S_0 = \begin{cases} 0.075 & \dfrac{K\rho_L}{g\sigma}\dfrac{g}{g_c} < 0.02 & (13.3) \\[2ex] \dfrac{0.0018}{(K\rho_L/g\sigma)(g/g_c)} & \dfrac{K\rho_L}{g\sigma}\dfrac{g}{g_c} > 0.02 & (13.4) \end{cases}$$

En estas expresiones se supone que el drenado ocurrió bajo la acción de la fuerza de gravedad únicamente y que el ángulo de contacto entre la superficie líquida y sólida es de 180°.

La permeabilidad K es la constante de proporcionalidad en la ecuación de flujo para el flujo laminar a través del lecho.

$$G = \frac{K\rho_L}{\mu_L}\frac{\Delta p}{Z}\frac{g}{g_c} \tag{13.5}$$

Ecuación (16.67)

$$d_p = \frac{6(1-\varepsilon)}{a_v} = \frac{6(1-0.455)}{15744} = 2.077 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

Ecuación (13.6):

$$K = \frac{\varphi^2\varepsilon^3 g}{150(1-\varepsilon)^2} = \frac{(2.077 \times 10^{-4})^2(0.455)^3(9.807)}{150(1-0.455)^2} = 8.94 \times 10^{-10}\ \text{m}^3/\text{s}$$

$$\frac{K\rho_L}{g\mu}\frac{\rho}{g_c} = \frac{(8.94 \times 10^{-10})(1137)}{9.81(0.066)}\frac{9.81}{1} = 1.54 \times 10^{-5}$$

Ecuación (13.3).

$$s_0 = 0.075$$

Ecuación (13.2)

$$Z_D = \frac{0.275(1/9.81)}{[(8.94 \times 10^{-10})/9.81]^{0.5}(1.137/0.066)} = 0.1705\ \text{m}$$

$$Z = 3.0\ \text{m}$$

Ecuación (13.1)

$$s_w = \frac{(3-0.1705)(0.075)}{3} + \frac{0.1705}{3} = 0.1276$$

$$\frac{\text{Vol. líquido retenido}}{\text{Vol. lecho}} = 0.1276\varepsilon = 0.1276(0.455) = 0.0581\ \text{m}^3/\text{m}^3$$

$$\text{Masa líquido en lecho} = 0.\frac{\pi(1)^2 3}{4}(1.137) = 155.6\ \text{kg}$$

$$\frac{\text{Masa líquido}}{\text{Masa sólido seco}} = \frac{0.0581(1137)}{1(960)} = 0.069\ \text{kg/kg}$$

Contacto múltiple a contracorriente; el sistema de Shanks

La lixiviación y el lavado del soluto lixiviado de los tanques de percolación por métodos a corriente tangencial descritos antes, inevitablemente dará soluciones diluidas del soluto. Se obtendrá una solución más concentrada si se emplea un esquema a contracorriente, en donde la solución final obtenida se logra por contacto con el sólido más fresco y en donde el disolvente más fresco se agrega al sólido del cual ya se ha lixiviado o lavado la mayoría del soluto. Con el fin de evitar el movimiento físico de los sólidos de tanque en este proceso, se utiliza el arreglo de la figura 13.2, que se muestra en forma esquemática para un sistema de seis tanques. Este *sistema de Shanks*, † como se llama, se opera de la siguiente manera:

1. Supóngase que en el momento de examinarlo, el sistema de la figura **13.2*a*** ya tiene cierto tiempo en operación. El tanque **6** está vacío; los tanques del 1 al 5

† Llamado así en honor de James Shanks, quien en 1843 introdujo por primera vez este sistema en Inglaterra, para la lixiviación de carbonato de sodio a partir de las "cenizas negras" del proceso de Le Blanc. *Sin embargo, parece haber sido un descubrimiento alemán.*

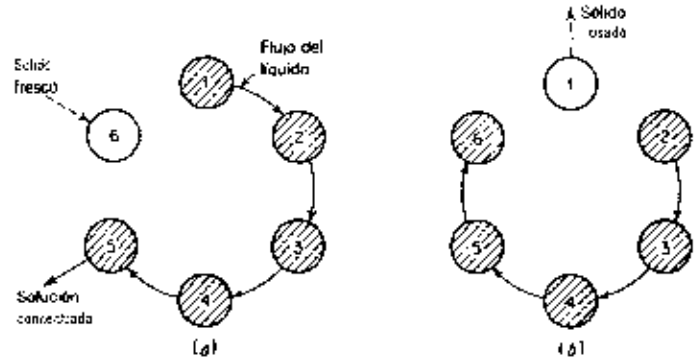

Figura 13.2 Contacto **múltiple** a contracorriente, sistema de Shanks

están llenos de sólido; el que se ha llenado más recientemente es el tanque 5 y el que lleva más tiempo, el tanque 1. Los tanques del 1 al 5 también están llenos con el líquido de **lixiviación;** el más concentrado está en el tanque 5, porque está en contacto con el sólido más fresco. Se acaba de agregar disolvente fresco en el tanque 1.
2. Sáquese la solución concentrada del tanque 5, transfiérase el líquido del tanque 4 al 5, del 3 al 4, del 2 al 3 y del 1 al 2. Agréguese sólido fresco con el tanque 6.
3. Obsérvese la figura 13.2*b*. Descártese el sólido agotado del tanque 1. Transfiérase el líquido del tanque 5 al 6, del 4 al 5, del 3 al 4 y del 2 al 3. Agréguese disolvente fresco en el tanque 2. Las condiciones son ahora idénticas a las iniciales en la figura **13.2*a***, excepto que los números de los tanques son mayores por una unidad.
4. Continúe la operación de la misma manera que antes.

El esquema es idéntico a la **simulación** por lotes de una operación a contracorriente en varias etapas, la cual se muestra en la figura 10.38. Después de que se han corrido varios ciclos de esta forma, las concentraciones de la solución y en el sólido se aproximan bastante a los valores obtenidos en una lixiviación real, continua y a contracorriente en varias etapas. Por supuesto, el sistema puede operarse con cualquier número de tanques; por lo común se usan de 6 a 16 tanques. No es necesario arreglarlos en un círculo, sino que es mejor colocarlos en una hilera, llamada una "batería de extracción"; de esta manera, si se desea, se pueden agregar en forma conveniente más tanques al sistema. Los tanques pueden colocarse a niveles progresivamente decrecientes, a fin de que el líquido pueda fluir de uno a otro por gravedad con un mínimo de bombeo.

Estos tanques y arreglos para la lixiviación se utilizan bastante en las industrias metalúrgicas, para la recuperación de taninos a partir de cortezas y ma-

punto E_1, que representa el lodo sedimentado. $N_1 = 0.47$, $y_1 = 0.100$. **Ecuación** (13.8):

$$E_1 = \frac{B}{N_1} = \frac{0.125}{0.47} = 0.266 \text{ kg sol. en el lodo}$$

$$1 - 0.266 = 0.734 \text{ kg sol. clara separada}$$

Etapa 2 $R_0 = 0.734$ kg agua agregada, $x_0 = 0$ kg NaOH/kg sol. La **ecuación** (13.10) se adapta a esta etapa:

$$M_2 = E_1 + R_0 = E_2 + R_2 = 0.266 + 0.734 = 1.0 \text{ kg líquido}$$

Ecuación (13.12):

$$N_{M2} = \frac{B}{E_1 + R_0} = \frac{B}{M_2} = \frac{0.125}{1.0} = 0.125$$

M_2 se localiza sobre la línea R_0E_1; en su valor de N_M se traza la línea de **unión** a través de M_2. En E_2, $N_2 = 0.62$, $y_2 = 0.035$. **Ecuación** (13.8).

$$E_2 = \frac{B}{N_2} = \frac{0.125}{0.62} = 0.202 \text{ kg}$$

$$1 - 0.202 = 0.789 \text{ kg sol. separada}$$

Etapa 3 $R_1 = 0.798$ kg agua agregada, $x_0 = 0$. Ecuación (13.11).

$$M_3 = E_2 + R_0 = 0.202 + 0.798 = 1.0$$

$$N_{M3} = \frac{B}{M_3} = \frac{0.125}{1.0} = 0.125$$

La línea de unión E_3R_3 se ubica a través de M_3, como en el caso de la etapa 2 y, en E_3, $N_3 = 0.662$, $y_3 = 0.012$. Por la ecuación (13.8), $E_3 = B/N_3 = 0.125/0.662 = 0.189$ kg sol. en el lodo final. $E_3y_3 = 0.189(0.012) = 0.00227$ kg NaOH en el lodo, o $(0.00227/0.1)100 = 2.27\%$ del original.

El proceso permite una **pérdida** apreciable y produce tres soluciones, dos de las cuales (R_2 y R_3) están bastante diluidas. Esto debe compararse con la **operación** de lavado a contracorriente del ejemplo 13.3.

Lixiviación en varias etapas a contracorriente

En la figura 13.28 se muestra un diagrama de flujo general para la lixiviación o el lavado. La operación necesariamente debe ser continua para que predominen las

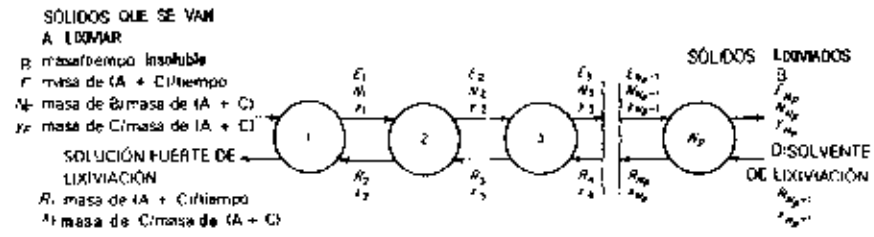

Figura 13.28 Lixiviación a contracorriente en varias etapas

condiciones de estado estacionario, aunque la lixiviación mediante el sistema de Shanks tenderá al estado estacionario después de muchos ciclos. En el diagrama de flujo que se muestra, se supone que el sólido B es insoluble y no se pierde en la solución clara; empero, el procedimiento que se señala a **continuación** se modifica fácilmente para los casos en que esto no suceda†.

Un balance de disolvente para toda la planta es

$$F + R_{N_p+1} = R_1 + E_{N_p} = M \tag{13.14}$$

y un balance de la "**solución**" (A + C),

$$Fy_F + R_{N_p+1}x_{N_p+1} = R_1x_1 + E_{N_p}y_{N_p} = My_M \tag{13.15}$$

M representa la mezcla hipotética libre de B que se obtiene al mezclar los sólidos que se van a lixiviar y el disolvente de lixiviación. Obsérvese en la figura 13.29, el diagrama de operación para la planta. Las coordenadas del punto M son

$$N_M = \frac{B}{F + R_{N_p+1}} \tag{13.16}$$

$$y_M = \frac{Fy_F + R_{N_p+1}x_{N_p+1}}{F + R_{N_p+1}} \tag{13.17}$$

Los puntos E_{N_p} y R_1, que representan los efluentes de la cascada, deben caer sobre una línea que pasa a través de M; E_{N_p} estará sobre la curva "práctica" en el equilibrio. La ecuación (13.14) puede reordenarse y se obtiene

$$F - R_1 = E_{N_p} - R_{N_p+1} = \Delta_R \tag{13.18}$$

En forma similar, un balance de la solución para cualquier número de etapas, como las primeras tres, puede rearreglarse en la forma

$$F - R_1 = E_3 - R_4 = \Delta_R \tag{13.19}$$

Δ_R representa la diferencia constante en flujo $E - R$ (generalmente una cantidad negativa) entre cada etapa. En la figura 13.29, ésta puede representarse mediante la intersección de las líneas FR_1 y $E_{N_p}R_{N_p+1}$, extendida, de acuerdo con las características de estas coordenadas. **Puesto** que los efluentes de cada etapa se unen mediante la línea de unión práctica para las condiciones particulares que predominan, E_1 se encuentra en el extremo de la línea de unión a través de R_1. Una línea desde E_1 hasta Δ_R da R_2, etc. En forma alternativa, se puede hacer la construcción por etapas sobre las coordenadas x, y en la parte inferior de la figura después de localizar inicialmente la línea de operación. Esto puede hacerse trazando líneas al azar desde el punto Δ_R y proyectando sus intersecciones con el

† Véase el ejemplo 13.4

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

2020
Bogotá, D.C.,

Doctor
JESUS MENDEZ BERMUDEZ
Abogado

ASUNTO	Radicación	06-119666
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	430
	Oficio	
	Folios	06 15196

Patente de Invención	X	Patente de Modelo de Utilidad			
Vía *PCT* (fase nacional)		Cap.I		*Cap. II*	

Como resultado del examen de fondo, realizado con fundamento en el artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica:

1. Documentos estudiados

Descripción:	Folios: 5 a 25	como se radicó inicialmente
Reivindicaciones:	Folios: 26 a 29	como se radicó inicialmente
Figuras:	Folios: 30 a 42	como se radicó inicialmente
Prioridad:	28 de noviembre de 2005, BR0505828-7	
	30 de octubre de 2006 BR0140060011923	

2. Objeto de la invención

Titulo de la invención:
Proceso para la extracción de níquel, cobalto y otros metales base de menas de laterita mediante usar lixiviado por acumulación y el producto que contiene níquel, cobalto y otros metales de menas de laterita (folio 1).

El problema planteado en esta solicitud es como desarrollar un proceso para extracción de níquel, cobalto y zinc y cobre con un bajo consumo de ácido y una *alta recuperación de los metales.*

Para solucionar este problema técnico se desarrolla un proceso de extracción donde la lixiviación del mineral se lleva a cabo en un sistema a contracorriente de por lo menos dos etapas.

Clasificación internacional (IPC) en C22B1/14, C22B3/04, C22B23/00.

3. De la solicitud de Patente (según el caso)

<u>Reivindicaciones</u> (artículo 30 D 486)

- Los términos "dos o más etapas", "en tantas etapas como se requiera", "máximo entre aproximadamente", "tales como agentes aglomerantes", "otros

aditivos", "preferiblemente", "son suficientes" y "no mayor" utilizados en las reivindicaciones 1, 2, 3, 5, 6, 9, no proporcionan precisión ni concisión a las características de la invención.

- En la reivindicación 1 se debe definir claramente la materia a proteger, dado se afirma que la etapa de lixiviación por cúmulos es en contracorriente y continua con dos o más etapas, donde el soluto y el disolvente son suministradas por extremos opuestos de la serie de etapas y fluyen en direcciones opuestas, pero la figura 3 para la etapa 2 y 1 no muestra claramente la entrada y salida del soluto y del disolvente para cada una de las etapas, no siendo coherente con lo afirmado en la reivindicación.
  Además, en cada una de las etapas que comprende el proceso de extracción de metales, no se define cual es el elemento que se tritura, se aglomera, se apila y se lixivia.
  Por lo demás, la reivindicación 1 presenta graves problemas de claridad dado que se contradice y no define claramente las etapas del proceso. Por ejemplo se afirma "luego de la cesación de la **ultima etapa**, su soluto es removido a una **nueva etapa**", es decir es o no es la ultima etapa. Finalmente, no es clara la afirmación "siendo separada si esta cargada con metales objetivo (PLS).
- Se debe definir la humedad de aglomeración, utilizada en la reivindicación 6. Así mismo se deben definir los términos "en la primera posición" y "finos" utilizada en las reivindicaciones 1 y 8 respectivamente, ya que hace que estas reivindicaciones no sean claras.
- La reivindicación 11 afirma que el sistema de lixiviación esta compuesto por tres etapas, pero no especifica cuales son las tres etapas.
- *En las reivindicaciones 16, 18 y 19 se presenta la sigla (PLS) pero en cada* una de las reivindicaciones se define de manera distinta. Es así que en la reivindicación 16 es una solución de lixiviado preñada, en la reivindicación 18 es solución cargada de metales y en la reivindicación 19 es solución cargada *de metales objetivo.*
- En la reivindicación 19 referida a un producto que contiene níquel, cobalto y otros metales, se incluyen características del proceso de obtención por lixiviación, es decir, esta reivindicación de producto también se encuentra *defina en términos del procedimiento de fabricación. Al respecto no debe* olvidarse que las reivindicaciones de producto y de procedimiento son diferentes y, por ello, deben redactarse de manera independiente en el pliego reivindicatorio. Sobre las mismas, el Tribunal Andino de Justica ha dicho los *siguiente:*

> "El objeto de la invención de producto esta constituido por un cuerpo cierto destinado a llenar una necesidad industrial que el estado de la técnica aun no ha satisfecho. En cambio, el objeto de la invención de procedimiento se encuentra conformado por "una serie o sucesión de operaciones que inciden sobre una materia (solida, liquida o gaseosa) que se encamina a la obtención de una cosa o un resultado". (Otero Lastres, José Manuel. Ob. Cit)[1].

Por lo anterior, el capítulo reivindicatorio no cumple con el requisito de claridad de acuerdo al art. 30 de la Decisión 486.

4. Unidad de invención *(articulo 25 D 486)*

No hay unidad de invención entre las dos reivindicaciones independientes ya que el concepto común inventivo, proceso de lixiviación (i v), no cumple con el requisito de nivel inventivo de acuerdo con las anterioridades D1 y D2 (Ver análisis de patentabilidad para la reivindicación 1). Es así que el producto de la reivindicación 19 puede ser obtenido por otros procesos, tales como por reducción en solución de los materiales precursores o por metalización del producto.

1Proceso 129-IP-2007

Por lo tanto, esta invención presenta 2 diferentes conceptos técnicos comunes inventivos así:

- Grupo I: Reivindicaciones 1-18. Proceso para la extracción de níquel, cobalto y otros metales base de menas de laterita mediante usar lixiviado por acumulación.
- *Grupo II: Reivindicación 19. Producto que contiene níquel, cobalto y otros* metales de menas de laterita.,

Se le sugiere al solicitante restringir la materia a patentar en un solo concepto común inventivo especificando el avance tecnológico sobre el estado de la técnica. Esto se logra entre otras formas definiendo las características esenciales de la invención y mostrando las otras características particulares como dependientes, pero sin perjuicio de la concisión de las nuevas reivindicaciones tanto independientes como dependientes.

El solicitante también puede realizar una o más de las divisionales de acuerdo a los grupos de conceptos técnicos inventivos presentados en esta solicitud, esto claro, sin ampliar el objeto inicial de la invención.

5. Determinación del Estado de la Técnica

La fecha para determinar el estado de la técnica es el 28 de noviembre de 2005, de acuerdo la fecha de prioridad invocada.
Teniendo en cuenta la anterior fecha indicada, *se realiza la búsqueda de las* anterioridades de la presente solicitud, encontrándose los siguientes documentos relevantes:

Nº	*Documento*	*Título*	**Fecha de publicación**
D1	ES2241816	LIXIVIACION EN MONTONES DE MENA QUE CONTIENE NIQUEL	2003-01-08
D2	LIBRO 1*	OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA	1988

LIBRO 1*: Operaciones de Transferencia de Masa – Robert E. Treybal – Segunda Edición. *1988.*

D1 describe un proceso de lixiviación en montones para la lixiviación de níquel a partir de una mena de laterita. En general el proceso incluye las etapas de pre-tratamiento de la mena, construcción de montones y explotación de los montones.

El pre-tratamiento de la mena incluye las etapas de selección de la mena, reducción del tamaño y la granulación de la mena. En particular, el proceso de la comprende:

a) Formar al menos un montón a partir de *una mezcla de la mena y acido* sulfúrico concentrado, donde la mezcla esta en forma de partículas aglomeradas;
b) Aplicar una solución de lixiviación de acido sulfúrico entre 0.1% y 20% en parte alta del montón aun primera velocidad media de flujo predeterminada, formándose un liquido de lixiviación en la parte inferior del montón;
c) Dirigir el líquido de lixiviación producido en la etapa b) a un sumidero de liquido para el suministro directo. De forma alternativa, el método de la presente invención contempla el manejo de un numero adecuado de montones de una manera *contracorriente (Pág. 5 líneas 38-54)*

D2 describe los métodos de operación en la lixiviación. Las operaciones se pueden llevar a cabo tanto en condiciones de estado no estacionario o por lotes, como continúas o en estado estacionario. También pueden utilizar equipos de tipo

continuo o por etapas. En la lixiviación en estado no estacionario, uno de los métodos más comunes en la industria minera es la lixiviación in situ, donde se permite el paso por el mineral por percolación. En estos casos el licor de lixiviación se bombea sobre una pila de mineral triturado y se recolecta a nivel del suelo a media que escurre de dicha pila. El cobre se lixivia por este procedimiento con soluciones de acido sulfúrico (Pag. 792, 795).

6. Análisis de patentabilidad (según requisito) (artículo 14 D486)

Es importante mencionar que el siguiente análisis de patentabilidad se realizó teniendo en cuenta la objeción del numeral 3 de la presente comunicación.

Nivel Inventivo (artículo18 D486)

Respecto a la reivindicación 1

La reivindicación 1 dice "Proceso para la extracción de níquel, cobalto, y otros metales de minerales de laterita por lixiviación por cúmulos, caracterizado porque comprende las etapas de trituración (I), aglomeración (II), apilación (III), y lixiviación por cúmulos (IV), con esta última etapa que es un sistema de lixiviación por cúmulos en contracorriente y continua con dos o más etapas, que presentan dos fases, una de las cuales está compuesta del mineral (soluto), y la otra está compuesta de la solución de lixiviación, o disolvente, las cuales son suministradas por extremos opuestos de la serie de etapas, y fluyen en direcciones opuestas. Luego de la cesación del lixiviado en la última etapa, su soluto es removido y una nueva etapa es introducida en la primera posición, formada por nuevo mineral (soluto) que va a ser lixiviado por la solución de disolvente, que es introducida desde la última etapa, percolando o fluyendo por todas las etapas previas hasta que alcanza la primera etapa, siendo separada si está cargada con metales objetivo (PLS)".

Análisis de las diferencias con respecto al estado de la técnica:

Características Esenciales	D1 ES2241816	D2 LIBRO 1*
Proceso para la extracción de níquel, cobalto, y otros metales *de minerales de laterita por lixiviación por cúmulos*	SI (Pág. 2 líneas 1-9)	SI (Pág. 800, penúltima línea)
trituración (I)	SI (Pág. 6 líneas 38-41)	SI (Pág. 793, párrafo 3)
aglomeración (II),	SI (Pág. 6 líneas 43-44)	NO
apilación (III),	SI (Pág. 27 línea 1)	NO
lixiviación por cúmulos (IV)	SI (Pág. 7 líneas 1-2)	SI (Pág. 795 párrafo 3)
un sistema de lixiviación por cúmulos en contracorriente y continua con dos o más etapas que presentan dos fases, una de las cuales está compuesta del mineral (soluto), y la otra está compuesta de la solución de lixiviación, o disolvente, las cuales son suministradas por extremos opuestos de la serie *de etapas, y fluyen en direcciones opuestas*	SI (Pág. 5 líneas 52-53)	SI (Pág. 830-831)
Luego de la cesación del lixiviado en la última etapa, su soluto es removido y una nueva etapa es introducida en la primera posición, formada por nuevo mineral (soluto) que va a ser lixiviado por la solución de disolvente, que es introducida desde la última etapa, percolando o fluyendo por todas las etapas previas hasta que alcanza la primera etapa, siendo separada si está cargada con metales objetivo (PLS)".	NO	SI (Pág. 799-800)

D1 es el documento del estado de la técnica más cercano porque describe un proceso de lixiviación en cúmulos en contracorriente.

La solicitud colombiana se diferencia en D1 por que luego de la cesación del lixiviado en la última etapa, su soluto es removido y una nueva etapa es introducida en la primera posición, formada por nuevo mineral (soluto) que va a ser lixiviado por la solución de disolvente, que es introducida desde la última etapa, percolando o fluyendo por todas las etapas previas hasta que alcanza la primera etapa, siendo separada si está cargada con metales objetivo (PLS).

El problema técnico objetivo es como aumentar la recuperación del soluto y disminuir el gasto del disolvente.

D2 describe un contacto múltiple a contra corriente; sistema de Shanks, afirma que se obtendrá una solución más concentrada si es emplea un esquema a contracorriente, en donde la solución final obtenida se logra por contacto con el solido más fresco y en donde el disolvente más fresco agrega al sólido del cual ya se ha lixiviado o lavado de la mayora del soluto.

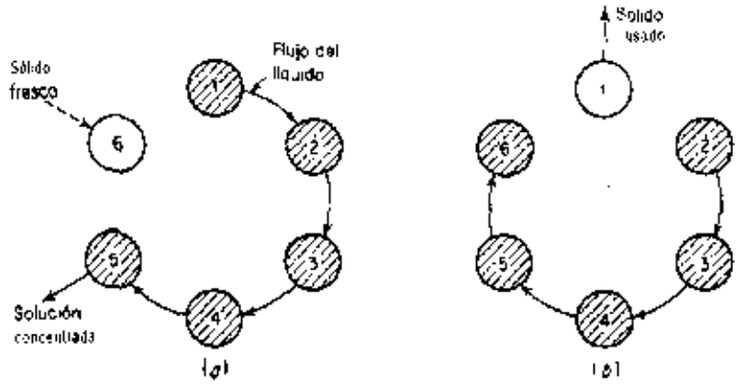

Figura 13.2 Contacto múltiple a contracorriente, sistema de Shanks

La reivindicación 1 es obvia porque el técnico medio en el arte enfrentado al problema de aumentar la recuperación del soluto y disminuir el gasto del *disolvente, incluiría un proceso con contacto múltiple a contracorriente como* el sistema de Shanks, que revela D2, dentro del proceso de lixiviación en cúmulos en contracorriente como lo enseña D1, logrando de esta forma el proceso objeto de esta solicitud. Por lo tanto, la reivindicación 1 y sus dependientes no tienen nivel inventivo.

Dado lo anterior, las características técnicas del proceso para la extracción de níquel, cobalto y otros metales base de menas de laterita mediante usar lixiviado por acumulación de esta solicitud, no representa un avance tecnológico sobre el estado de la técnica.

En conclusión, esta reivindicación y sus dependientes se encuentran afectadas en su nivel inventivo ya que se derivan de manera evidente del estado de la técnica y pueden ser obvias para un técnico medio en la materia.

7. Conclusión

Los requisitos de patentabilidad de la presente solicitud se encuentran afectados así:

N°	Documento	Reivindicaciones afectadas	Requisito que afecta
D1	ES2241816	1-18	NIVEL INVENTIVO
D2	LIBRO 1*	1-18	NIVEL INVENTIVO

En cumplimiento del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le indica que debe dar respuesta dentro del término de 60 días contados a partir de la fecha de notificación de la presente comunicación. En caso de no dar respuesta al presente requerimiento, o si a pesar de la respuesta subsistieran los impedimentos para la concesión, se denegará la patente.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única N° 10 de 2001.

ALIX CARMENZA CÉSPEDES DE VERGEL
Directora de Nuevas Creaciones (C)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista, de fecha 25 NOV. 2010

CONCEPTO TÉCNICO	EXAMINADOR TÉCNICO
N° 3731	Código N° 202090