

PCT

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

República de Colombia
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

PROPIEDAD
INDUSTRIAL

Delegatura de Propiedad Industrial
División de Nuevas Creaciones

10-162734
SOLICITUD DE INVENTARIO

PATENTE DE INVENCION
PCT ENTRADA EN FASE NACIONAL

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-162734-00000-0000

Fecha: 2010-12-27 14:02:08 Dep. 2020 DIR NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYI Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 82

21. EXPEDIENTE No. _____

54. TITULO: PROCESO DE LIXIVIACION ACIDA HOMOGenea
CONTROLADA

52. CLASIFICACION INTERNACIONAL: C22B 3/06

71. SOLICITANTE: BHP BILLITON SSM DEVELOPMENT PTY LTD.

DOMICILIO: Level 33, Central Park, 152-158 St Georges
Terrace, Perth, Western Australia 6000,
AUSTRALIA

74. APODERADO: Dra. MARGARITA CASTELLANOS A.

22. BOGOTA, D.C., 27 DIC. 2010

01-03-2011



PETITORIO

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-162734- -00000-0000

Fecha: 2010-12-27 14:02:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCOR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 82

FORMULARIO UNICO DE SOLICITUD DE PATENTES
PCT
ENTRADA EN FASE NACIONAL

SOLICITUD DE:

①

☒ Patente de Invención.

☐ Patente de Modelo de Utilidad.

☒ Capítulo I

☐ Capítulo II

②

SOLICITANTE (71)

Nombre: BHP BILLITON SSM
DEVELOPMENT PTY LTD.
Dirección: Level 33, Central Park
152-158 St Georges Terrace
Perth, Western Australia 6000
AUSTRALIA
Nacionalidad o Domicilio:
Perth, Western Australia
AUSTRALIA
Lugar de Constitución: AUSTRALIA
Teléfono: Fax:
E-mail:

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☐ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual

Número

③

REPRESENTANTE
O APODERADO

Nombre: MARGARITA CASTELLANOS A.
Dirección: CALLE 94A No. 7A-09
Teléfono: 756 07 70 Fax: 755 01 58
E-mail: info@castellanosyco.com

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☒ NIT ☐

C.E. ☐ Otro ☐

Cual

Número 39'779.654 TPA 70.819

④

INVENTOR (ES) (72)

CHRIS DU PLESSIS
BHP Billiton SSM Development Pty Ltd.
Level 33, Central Park
152-158 St Georges Terrace
Perth, Western Australia 6000
AUSTRALIA

⑤

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/AU2009/000961

Fecha 29/07/2009

Publicación Internacional No. WO 2010/012030 A1

Fecha 04/02/2010

⑥

Título (54)

PROCESO DE LIXIVIACION ACIDA HOMOGENEA CONTROLADA

⑦

Clasificación Internacional (51)

C22B 3/06

⑧

Prioridad

(33) País de Origen

(32) Fecha

(31) Número de Solicitud

AU

29/07/2008

2008903868

SI ☒

NO ☐

⑨

Comprobante de pago No.

10-101,424 y 10-101,433

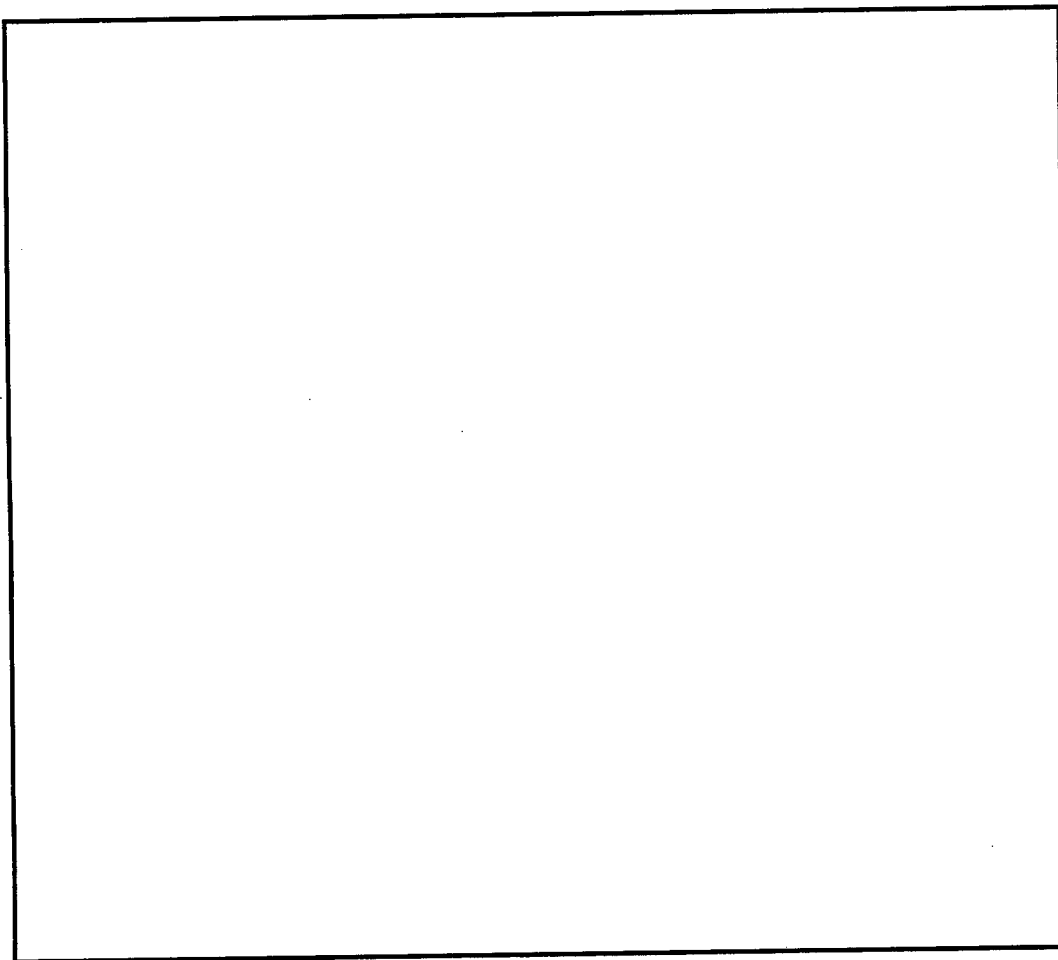
Fecha Noviembre 29, 2010

Instrucciones para el diligenciamiento del presente formulario, ver reverso de esta página.

10 Anexos

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☒ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☒ Poderes, si fuere el caso, junto con la sustitución del mismo a mi favor
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☐ Declaraciones.
- ☒ Copia de la solicitud internacional (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos).
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos).
- ☐ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar (IPEA).
- ☐ Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☒ Arte final 12x12
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.
- ☒ Otros: Tarjeta Propietario, Extracto para la publicación

11 FIGURA CARACTERISTICA:

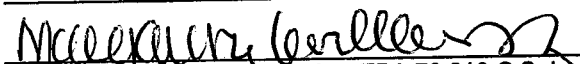


12 Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE:

MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO

FIRMA:


C.C. No. 39.779.654 Usaquén - TPA 70.819 C.S.J.

27 DIC. 2010

P20953

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 900174009-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 10 - 101,424
FECHA : NOVIEMBRE 29 DE 2010

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
No. 10-162734- -00000-0000
Fecha: 2010-12-27 14:02:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 82

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
ALVARO CASTELLANOS	CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	387432453	29/11/2010	9,306,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT. REENTISTIDO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	
1	TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	554,000.00
	TOTAL :	\$ 554,000.00

SON: QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL PESOS

RESPONSABLE :

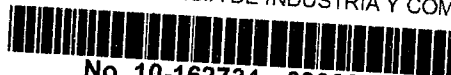
RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

RECIBO DE PAGO

RECIBO OFICIAL DE CASH : 10 - 101,433
FECHA : NOVIEMBRE 29 DE 2010

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 10-162734-00000-0000

Fecha: 2010-12-27 14:02:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 82

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	Nº. PAGO	FECHA PAGO	Vr. PAGO
ALVARO CASTELLANOS	CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062734387	387632453	29/11/2010	9,300,000.00

***** CONCEPTOS *****

CANT. REENTRISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
28 50005-01-01 SOLICITUDES	*** RETRIBUCION UNITARIA ADICIONAL	729,000.00
	TOTAL :	729,000.00

SON: SETECIENTOS VEINTIOCHO MIL PESOS

RESPONSABLE :

RECIBO DE CASH APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

COLOMBIA

PODER

El (los)

BHP Billiton SSM Development Pty Ltd

Domiciliados en Level 33, Central Park

152-158 St Georges terrace
Perth, Western Australia, 6000Nombran por el presente a XIMENA CASTELLANOS A. y/o
MARGARITA CASTELLANOS A. abogadas con oficinas en la
Calle 94A No. 7A-09, Bogotá-Colombia para

y para obtener la protección de mi (nuestra) propiedad Industrial y con este fin autorizamos a dichos apoderados para que nos representen ante cualesquiera autoridades o personas de los órdenes administrativo, contencioso -administrativo y judicial en todo lo relacionado con los siguientes actos y gestiones:

- Obtención de patentes de invención, modelos y dibujos industriales; registro de marcas de fabrica, de servicio, colectivas o defensivas y de denominaciones de origen, depósito de nombres y enseñas comerciales; su renovación, prórroga, inscripción de traspaso y cambio de nombre o domicilio, cancelación voluntaria y el registro de licencias de uso de esos derechos;
- Para la obtención de registros sanitarios;
- Acciones de oposición, observación, cancelación, nulidad, medidas cautelares y en general los juicios civiles, penales, administrativos o contencioso - administrativos que promovamos o se nos promuevan.

Pudiendo en todos los actos y gestiones arriba mencionados, sustituir éste mandato, transigir, desistir, recibir, cancelar, renunciar, aceptar notificaciones y nombrar apoderados judiciales y extrajudiciales.

Dado y firmado hoy 23 de Julio de 2008

en Perth, Australia

BHP Billiton SSM Development Pty Ltd
por Chris Campbell.

(El notario debe suscribir el documento en la pagina siguiente)

(Se requiere legalización consular o mediante apostilla)

POWER OF ATTORNEY

I (we) the undersigned

BHP Billiton SSM Development Pty Ltd

Of

Level 33, Central Park
152-158 St Georges Terrace,
Perth, Western Australia, 6000
Australia

hereby grant(s) Power of Attorney to XIMENA CASTELLANOS A. and /or MARGARITA CASTELLANOS a. attorneys residing at Calle 94A No. 7A-09, Bogotá- Colombia, to and to obtain the protection of my (our Industrial Property, for which purpose we authorize the said attorneys to represent us before any authorities, or persons, specially those, administrative, contentious and judicial, in all matters concerning the following:

- Obtainment of patents, models and designs, registration of trademarks, service, collective and defensive marks, and of designations of origin; the deposit of trade names and ensigns; its renewal, extension, recordal of assignments, change of name or domicile, voluntary cancellation, and the registration of licenses of use of the above rights;
- For the obtainment of Sanitary registrations;
- Actions of opposition, cancellation, nullity, infringement, granting of licenses; and in general the civil, criminal and administrative suits related to those rights; actions and suits instituted by us or against us;

In all the above matters they may substitute this power of attorney, compromise, desist, cancel, receive, renounce, accept notifications and appoint attorneys in fact, in or out of court.

Given and signed this 23rd day of

July, 2008

by

Executed for and on behalf of BHP Billiton SSM Development Pty Ltd

Name:

Chris Campbell

(Notary shall execute on the other side)

(Consular legalization or apostille is required)

CASTELLANOS & Co

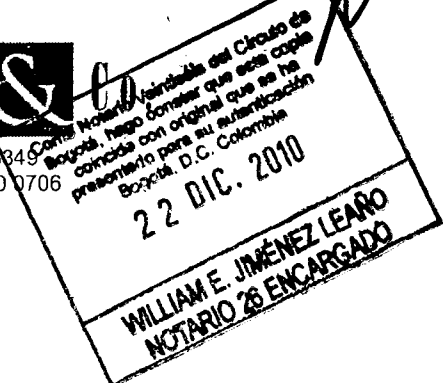
INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM

CALLE 94 A No. 7 A - 09 / P.O. BOX 6849

PHONE (57 1) 610 7420 / FAX (57 1) 610 0706

BOGOTÁ D.C. COLOMBIA

info@castellanosyco.com



Colombia: FF42413/08

COLOMBIA

CERTIFICADO NOTARIAL (Sociedad)

Hoy 23 de Julio del año 2008
compareció(eron) personalmente

CH CAMPBELL

a quienes conozco como la(s) personas que firma(n) en
representación de la Sociedad (Compañía) denominada

BHP Billiton SSM Development Pty Ltd

Certifico:
a) Que

BHP Billiton SSM Development Pty Ltd

es una sociedad/Compañía legalmente constituida y existente de
acuerdo con las leyes de

Queensland

b) Que el domicilio de dicha Sociedad/Compañía es

Victoria.

c) Que el objeto u objetos para los cuales se otorga el presente poder
están comprendidos dentro del objeto social de la mencionada
Sociedad /Compañía.

d) Que el Sr. CH CAMPBELL

esta autorizado para otorgar el presente poder. Lo anterior esta
probado por medio de los siguientes documentos, que certifico he
visto*

(Ciudad) PERTH

(Estado) WESTERN AUSTRALIA

Hoy 23 del Julio de 2008

(Notario Público)

*Los documentos debe identificarse con fecha y origen.

NOTARIAL CERTIFICATION (Corporation)

On this 23rd day of July of 2008
personally appeared

CM CAMPBELL

whom I know to be the person(s) who signed this document as
representative(s) of the Corporation /Company named

BHP Billiton SSM Development Pty Ltd

I certify:
a) That

AS ABOVE

is a corporation (Company legally constituted and in existence in
accordance with the laws of

QUEENSLAND

b) That the domicile of said Corporation/Company is

VICTORIA

c) That the purpose or purposes for which the present Power of
Attorney is granted are comprised within the object set forth in the
charter of the mentioned Corporation/Company.

d) That Mr. CM CAMPBELL

is (are) authorized to grant the present Power of Attorney. The
aforementioned was duly proven through the following documents
and I duly certify having seen them*:

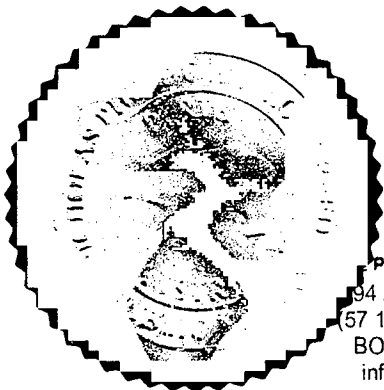
(City) PERTH

(State) WESTERN AUSTRALIA

this day 23rd of July of the year 2008

(Notary Public)

*Documents must be identified with date and origin.



CASTELLANOS & CO
PROPERTY LAW FIRM

94 A No. 7 A - 09 / P.O. BOX 6349
57 1) 610 7420 / FAX (57 1) 610 0706
BOGOTÁ D.C. COLOMBIA
info@castellanosyco.com

Nicholas Philip O'Hanlon Creed
Public Notary, Perth Western Australia

A legal practitioner who has held a practising certificate for at
least 2 years and who holds a current practising certificate.

Como Notario Vainiendo del Circulo de
Bogotá, hago constar que esta copia
coincide con original que se ha
presentado para su autenticación
Bogotá, D.C. Colombia
22 DIC. 2010

WILLIAM E. JIMÉNEZ LEAÑO
NOTARIO EN ENCARGADO

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 octobre 1961)

1. Country: Australia

This public document

2. has been signed by N. O'HANLON CREED

3. acting in the capacity of NOTARY PUBLIC

4. bears the seal/stamp of NICHOLAS PHILIP
O'HANLON CREED NOTARY PUBLIC

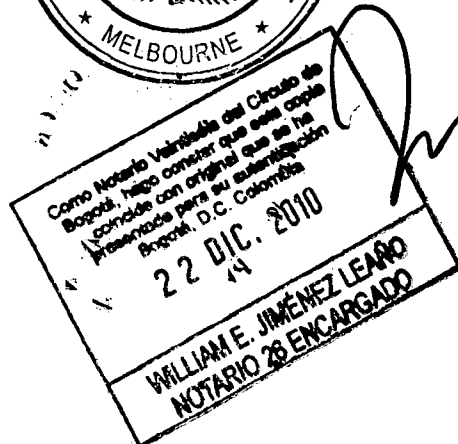
Certified

5. at MELBOURNE 6. 30-07-2008

7. by RANU VATANA

8. No. M00023920

9. Seal/Stamp: 10. Signature



8

TRADUCCION OFICIAL No. 158-08, DE UN DOCUMENTO ESCRITO EN INGLÉS, SELLADO CON EL SELLO DEL SUSCRITO TRADUCTOR OFICIAL, HOY AGOSTO 6 DEL 2008, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C., REPUBLICA DE COLOMBIA.

PODER Y CERTIFICACIÓN NOTARIAL ESCRITOS EN ESPAÑOL.

FECHA: JULIO 23, 2008

FIRMA Y SELLO DE: NICHOLAS PHILIP O'HANLON CREED

NOTARIO PUBLICO- PERTH WESTERN, AUSTRALIA

PRACTICANTE LEGAL QUE TIENE CERTIFICADO DE EJERCICIO POR 2 AÑOS COMO MÍNIMO Y QUIEN TIENE UN CERTIFICADO ACTUAL DE EJERCICIO.

EN LA PARTE POSTERIOR DEL DOCUMENTO SE ENCUENTRA LO SIGUIENTE:

APOSTILLE

(CONVENCION DE LA HAYE DU 5 OCTOBRE 1961)

1.- PAIS: AUSTRALIA

ESTE DOCUMENTO PUBLICO

2.- HA SIDO FIRMADO POR: N.P. O'HANLON CREED

3.-ACTUANDO EN CAPACIDAD DE: NOTARIO PUBLICO

4.- LLEVA EL SELLO/ESTAMPILLA DE NICHOLAS PHILIP O'HANLON CREED- NOTARIO PUBLICO

CERTIFICADO

5.- EN: MELBOURNE 6. EN 30-07-2008

7.- POR RANU VATANA

8.- No. M000 23920

9.- FIRMA:

DEPARTAMENTO DE RELACIONES EXTERIORES

Sergio Clauterio Latorre Mendoza
Traductor e Interpreté Oficial
Mesor. No. 2837 Minjusticia 1991

22 DIC. 2008

WILLIAM E. JIMENEZ LEANO
NOTARIO 26 ENCARGADO

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
4 February 2010 (04.02.2010)

PCT

(10) International Publication Number
WO 2010/012030 A1

(51) International Patent Classification:
C22B 3/06 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/AU2009/000961

(22) International Filing Date:
29 July 2009 (29.07.2009)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
2008903868 29 July 2008 (29.07.2008) AU

(71) Applicant (for all designated States except US): **BHP BILLITON SSM DEVELOPMENT PTY LTD** [AU/AU]; Level 33, Central Park, 152-158 St Georges Terrace, Perth, Western Australia 6000 (AU).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **DU PLESSIS, Chris** [ZA/AU]; BHP Billiton SSM Development Pty Ltd, Level 33, Central Park, 152-158 St Georges Terrace, Perth, Western Australia 6000 (AU).

(74) Agent: **PHILLIPS ORMONDE FITZPATRICK**; Level 21, 22 & 23, 367 Collins Street, Melbourne, Victoria 3000 (AU).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: PROCESS FOR CONTROLLED HOMOGENEOUS ACID LEACHING

(57) Abstract: A method for leaching a material containing one or more target metals using an acidic leaching solution to extract said one or more target metals, said method including (I) empirically determining an optimal acid concentration range for said acidic leaching solution by: (a) determining the relationship between the concentration of extracted target metal/s and acid consumption in said leaching solution, (b) utilizing said relationship to evaluate value parameters for the target metal containing material as a function of said acid consumption, and (c) determining said optimal acid concentration range, which is the pH range corresponding to an optimal value parameter; and (II) controlling the concentration of said acidic leaching solution such that its pH is substantially within the optimal acid concentration range throughout said material.

WO 2010/012030 A1

PROCESS FOR CONTROLLED HOMOGENEOUS ACID LEACHING

Field of the Invention

5

This invention relates to a process for acid leaching of a material containing one or more target metals in which the acid concentration of the leach solution is controllable at a level predetermined to be economically optimal. The invention particularly relates to a process for heap leaching of a highly acid consuming material by controlling the acid concentration of the leach solution at an economically optimal and substantially homogeneous level throughout the heap.

Background of the Invention

15

Heap leaching is a well-known hydrometallurgical methodology typically used to leach metals from low-grade ores or ore rejects.

Highly acid consuming ores are ores where the target metals require acidic solutions in order to be extracted and the gangue mineralogy also consumes acid at a high rate.

Heap leaching is generally not used for highly acid-consuming ores due to the high acid consumption and resulting impact on: (1) acid-related extractive hydrometallurgy costs, (2) downstream processing costs related to acid-solubilized non-valuable metals, and (3) heap instability.

The notable exceptions are where the extractable metal value is relatively high. Nickel laterites may have relatively high nickel grades (e.g. > 0.5%) and the presence of cobalt which have been sufficient to induce application of acid-based heap leaching to nickel laterites, despite the technical and economic impact of high acid consumption.

The main factors that determine whether the heap leaching of a particular ore is economical are:

- (1) the overall acid consumption, which is a function of the gangue mineralogy and the acid concentration the ore is exposed to,
- 5 (2) the extent of valuable metal extraction, and
- (3) the extent of co-extraction of unwanted elements, which impact on downstream processing costs. For example, in the case of nickel laterites both nickel and cobalt are valuable metals released during acid leaching, whereas iron, manganese, aluminium, chromium, and magnesium are the
- 10 main co-extracted factors that impact on the downstream processing costs.

Acid consumption is the most important deterministic factor of both operating expenditure and capital expenditure in any heap leaching project, because of the above factors.

15

For a given ore mineralogy the acid consumption, and its associated impact, is governed by the acid concentration at which the leaching process is operated.

20 Heap leaching of highly acid consuming ores, results in a steep acid concentration gradient as a function of heap height, when operated under typical conditions (i.e. application of acid via the irrigation solution to the top of the heap). This typical mode of heap operation means that the top portion of the heap is overexposed to acid in order to ensure that a minimum

25 concentration of acid eventually reaches the entire bed depth. Such gradient-inducing acid leaching results in an overall unnecessarily high acid consumption and high level of co-dissolution of unwanted metals. This in turn results in the need for a large and expensive acid production plant in addition to the high costs associated with removal of the unwanted metals in the

30 downstream processing circuit.

The high acid consumption and gangue dissolution also often result in heap stability and hydraulic permeability problems. This is because the overall mass loss for typical laterite heap leaching may be as high as 40%, by weight.

5 One potential way in which the steep pH gradient can be reduced is to increase the irrigation flow rate. This strategy is, however, limited by the fact that severe hydraulic problems are encountered at high solution application rates ($> 40 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) that would be required to overcome the gradient.

10 Other potential strategies to reduce the gradient include the use of either very low (i.e. $< 4 \text{ m}$ height) heaps or heaps irrigated at multiple levels (i.e. at various depths in addition to the surface irrigation). Both these strategies are also problematic. Very low heaps mean that very large heap surface area and extended heap containment pad footprints are required. This
15 has a significant impact on the capital and operational costs. Multi-layer (or multi-level) irrigation systems, in turn, are impractical due the fact that such irrigation distribution systems are prone to damage during stacking, and cannot satisfactorily be monitored or maintained during heap operation. Such multi-layer irrigation also results in increasing hydraulic flow rates with
20 increasing heap depth, which may have secondary negative effects.

Highly acid consuming ores may also be subjected to pre-treatment steps prior to heap leaching, such as acid treatment, in order to at least partially neutralise the ore. However, such pre-treatment significantly adds to the cost and
25 complexity of treating the ore.

The use of in situ acid generation within the heap addresses some of the limitations listed above. However, to date there has been no rigorous method developed to determine and maintain the optimal leaching conditions
30 in the heap in order to minimise acid consumption but allow sufficient target metal dissolution.

There is accordingly a need for a heap leaching process which avoids acid concentration gradients within the heap and enables leaching to be conducted at a selected acid concentration which can be maintained substantially uniformly throughout the heap. Such a process would allow for

5 leaching to be conducted under economically optimal conditions, taking into consideration valuable metal recovery, acid consumption and downstream processing costs.

Description of the Invention

10

According to the present invention, there is provided:
a method for leaching a material containing one or more target metals using an acidic leaching solution to extract said one or more target metals, said method including

- 15 (I) empirically determining an optimal acid concentration range for said acidic leaching solution by:
- (a) determining the relationship between the concentration of extracted target metal/s and acid consumption in said leaching solution,
 - 20 (b) utilizing said relationship to evaluate value parameters for the target metal containing material as a function of said acid consumption. and
 - (c) determining said optimal acid concentration range, which is the pH range corresponding to an optimal value parameter; and
- 25 (II) controlling the concentration of said acidic leaching solution such that its pH is substantially within the optimal acid concentration range throughout said material.

The term "value parameter" means a parameter which measures the

30 overall economic value of the metal containing material, taking into account predetermined cost factors. Typically, the value parameter is the net present value, or NPV, of a project involving the heap leaching of the metal containing

material. The term "net present value" (NPV) is a term of the art and would be understood by the skilled addressee.

The method of the present invention is particularly applicable to heap
5 leaching a material, and the following description will accordingly focus on this application. However, it is to be understood that the invention is not limited to heap leaching and may, for example, extend to tank leaching, e.g. agitated tanks, or leaching in other vessels.

10 Accordingly, the leaching process is operated under conditions such that the leaching solution has a substantially uniformly controlled acid concentration that is predetermined to be economically optimal for the particular material being leached.

15 The target metal may be one or more of cobalt, nickel, copper, zinc and uranium.

Typically the material containing the one or more target metals is selected from ores, concentrates and metal containing waste, and
20 combinations thereof. More typically, the material is an ore, and the following description will focus on this application, although it is to be clearly understood that the invention is also applicable to materials other than ore. More typically, the material is an acid consuming ore, such as a laterite or sulfide-containing ore, preferably a nickel and cobalt containing ore. The nickel and cobalt
25 containing ore may be one or more of laterite, saprolite, nontronite, limonite, partially oxidised and sulfidic ores or a concentrate or intermediate.

Preferably, the target containing material is formed into agglomerates.

30 Preferably the acidic leaching solution is sulfuric acid.

It is a preferred feature of the present invention that the acidic leaching solution is generated in situ in the heap. While the following description will

focus on this embodiment, it is to be clearly understood that the invention is not limited to that embodiment and may extend to conventional methods of application of leaching solutions, such as by addition to the top of the heap or irrigation within the heap

5

The acidic leaching solution may preferably be generated in situ by either microbial oxidation of a sulfur containing material, or by introduction of a gas mixture comprising SO₂ and an oxygen containing gas. However, due to the potential for fugitive SO₂ emissions, preferably the acidic leaching solution is generated in situ in the heap by microbial oxidation of a sulfur containing material.

The microbial oxidation is preferably effected by sulfur selective micro-organisms which are selected from oxidizing bacteria that are capable of oxidizing sulfur. Non-limiting examples of suitable bacteria or archaea include those selected from the group consisting of *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum species*, *Sulfobacillus*, *Thermosulfidooxidans*, *Sulfolobus brierleyi*, *Sulfolobus acidocaldarius*, *Sulfolobus BC*, *Sulfolobus solfataricus*, *Sulfolobus metallicus*, *Thiomicrospora* sp., *Achromatium* sp., *Macromonas* sp., *Thiobacterium* sp., *Thiospora* sp., *Thiovulum* sp., *Acidithiobacillus*, *Acidimicrobium*, *Sulfobacillus*; *Ferrimicrobium*, *Acidiphilum*, *Alicyclobacillus*, *Acidianus*, *Metallosphaera*, *Thermoplasma* and mixtures thereof.

The sulfur selective micro-organisms may include halotolerant microorganisms, such as *Thiobacillus prosperus* sp nov.

The sulfur containing material is typically selected from elemental sulfur, sulfide compounds and combinations thereof.

30

The sulfide compounds may include pyrite and pyrrhotite, which may advantageously be abundantly available at some mine sites. The elemental sulfur may comprise relatively coarse sulfur particles, flakes or prills. Coarse

sulfur particles, flakes or prills can be used to provide a relatively slow and sustained rate of acid generation. In one embodiment, the elemental sulfur is biologically generated. Such sulfur is often highly reactive and may have hydrophilic surface properties, which can be advantageous at the start of the leach when acid consumption of the ore is high. The fact that bio-sulfur naturally contains microbial species capable of sulfur oxidation at neutral pH, means that this form of sulfur provides the additional benefit of being a useful source of microbial inoculum, again, particularly during the early leaching phase when the solution pH would be relatively high

10

Preferably, the target metal containing material is formed into agglomerates which include a sulfur containing compound. The agglomerates may additionally include a sulfur-selective microorganism. The sulfur containing compound and sulfur selective microorganism are applied to said metal containing material prior to or during agglomeration. Alternatively, the sulfur containing compound and sulfur selective microorganism may be applied to said metal containing material after agglomeration.

15

As previously noted, the term "net present value", or NPV, is a term well-known in the art and refers to the financial appraisal of long-term projects. It is widely used as an economics tool for project evaluation.

20

A typical formula for calculating NPV is:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

25 where:

- t – the time of the cash flow
- N – the total time of the project
- r – the discount rate (the rate of return that could be earned on an investment in the financial markets with similar risk.)
- C_t – the net cash flow (the amount of cash) at time t .

30

17

In the case of a project involving heap leaching of an ore, NPV takes into consideration the weighted average cost of capital, financial risk premium, taxation regime, operational costs, capital costs, ore reserve to be treated and a forecast of future metal price. The NPV therefore combines all of the relevant project and company-specific factors to calculate the optimal economic benefit as a function of the most important variable for heap leaching of high acid consuming ores, i.e. acid consumption. The important role of acid consumption is because of the dominant impact of acid requirement and its associated technical impacts on both the capital and operational cost structure of such projects.

In the process of the present invention, step (I) (a) typically comprises:

- (i) leaching said material with one or more leaching solutions having a range of pH values to produce one or more leachates
- 15 (ii) measuring the concentration of extracted target metal and the acid consumption in the or each leachate;
- (iii) determining the relationship between acid consumption and concentration of extracted target metal over the range of pH values.

20 Preferably, experimental tests are conducted in which the material (usually ore) of interest is subjected to a controlled and constantly maintained pH solution. Exposure to this solution results in the dissolution of the metal containing material, and thus the extraction of the target metal, together with any co-extracted elements, with consequent acid consumption over the selected leaching period at selected optimal particle size. Multiples of these tests, each conducted at a different controlled pH (or acid concentration) level provides overall extraction data for the target metal (and any co-extracted elements) as a function of overall acid consumption, in order to enable determination of the relationship between them. The variation of pH may occur by treatment with a number of leaching solutions, each with a different controlled pH. Alternatively, pH variation may occur in a single leaching solution in which the pH is progressively lowered.

30

Step (I)(b) utilises the relationship between target metal concentration and acid consumption to evaluate value parameters. This is typically done using the above experimental data, and with knowledge of downstream processing as well as acid generation facilities and their respective project cost implications, determining the net present value (NPV) of a heap leaching project. The NPV can thus be calculated as a function of acid consumption and extraction of the target metal and any co-extracted elements for a specific project.

Step (I) (c) determines the optimal solution pH range for leaching corresponding to an optimal value parameter, which is typically a maximum NPV.

A maximum NPV can be determined for a specific project and its metallurgical extraction behaviour. From the set of experimental tests described earlier, it is possible to determine the (constantly applied) acid concentration, or pH, which resulted in an acid consumption corresponding to the maximum NPV. It should be noted that the maximum NPV does not necessarily coincide with the point of maximum target metal extraction, as will be subsequently discussed.

20

The acid consumption rate for a given ore is governed mainly by the prevailing solution pH it is exposed to, generally increasing at lower pH levels as depicted in Figure 1. By contrast acid generation rates via microbial oxidation of sulfur in the preferred embodiment of the invention are very differently affected by prevailing solution pH conditions. In general the sulfur oxidation rate at neutral pH is relatively slow, then increases to a maximum rate at moderately acidic pHs (typically 1.5 – 3) then rapidly declines again with higher acidity (e.g. pH below 1). This is a generalization and the optimum acid generation range is affected by the specific microbial species comprising the microbial consortium. The conceptual acid generation rate and acid consumption rate are illustrated in Figure 2. It is important to note that with sufficient sulfur available for oxidation, and sufficient microbial activity, acid generation rates can be made to exceed acid consumption rates at solution pH

30

levels above the equilibrium point. The solution pH will therefore continue to decrease until it reaches the pH equilibrium point. At this point the acid generation rate is equal to the acid consumption rate and no immediate change in solution pH occurs.

5

The attainment of such an equilibrium condition is firstly dependent upon the ore's acid consumption properties, which in turn are dependent upon both the passage of leaching time and the chemical composition of the leaching solution. The equilibrium condition is secondly dependent upon the acid generation rate and the factors that influence it. Usually, acid generation rate, in this scenario, is more controllable than acid consumption rate properties, and is therefore the main lever used to optimize the leaching conditions. In the case of acid generation by microbial oxidation of sulfur, acid generation is mainly dependent upon:

15

- Sufficient sulfur availability for microbial oxidation.
- The physical characteristics of sulfur. Coarse sulfur can be used to provide a relatively slow rate of acid generation. Alternatively, biosulfur typically provides high acid generation.
- Sufficient microbial activity and supplementary conditions that contribute to the growth rate of sulfur oxidizing bacteria, including oxygen, carbon dioxide, and other nutritional requirements. Suitable sulfur oxidation microbial species, both bacterial and archaeal, may be added either during agglomeration, ore stacking, as an aerosol after stacking, or via the irrigation solution, as is known in the art.
- The microbial species present or introduced. Different microbial species are active at different optimal pHs. For example some bacteria and archaea have a pH optimum between 0 and 1.

20

25

30

- Microbial sulfur oxidation activity is also influenced by the presence or absence of inhibitory substances or buffering agents.

From Figure 2 it can be illustrated that acid generation, particularly at the exponential phase of microbial growth should preferably be curtailed, if the prevailing pH of the solution is lowered below the optimal pH for leaching. An excessively high acid generation rate may have several negative impacts. Firstly it may result in an excessively low solution pH which may result in the negative impacts highlighted earlier. Secondly, an excessively high initial acid generation rate may leave too little remaining sulfur in order to sustain the targeted equilibrium pH condition for the entire leaching period.

The acid consumption rate curve in Figure 2 represents early conditions where the gangue minerals are at their most reactive. However, with continued acid leaching, the reactivity and thus acid consumption rate of the ore will inevitably decline. With a declining acid consumption rate, preferably the acid generation rate should also be reduced in order prevent the solution pH dropping too low.

With successful controlled homogenous acid leaching achieved the leaching at the targeted pH equilibrium point in the manner described above, the metal extraction can proceed and provide the optimal economic project benefit.

In step (II) of the process of the invention, the concentration of the acidic leaching solution is controlled such that its pH is substantially within the optimal acid concentration range. Typically the concentration of said acidic leaching solution is controlled by controlling the in situ generation of acid within the heap and/or by use of a pH buffering agent. Preferably, step (II) comprises controlling a substantially homogeneous concentration of acidic leaching solution throughout the height of the heap.

Where the acidic leaching solution is sulfuric acid which has been generated in situ, preferably, the in situ generation of sulfuric acid is controlled by one or more of the following mechanisms:

- 5 (i) controlling the oxidation of sulfur by regulating the distribution rate of an oxidant within the heap;
- (ii) controlling concentration of salts inherently produced during said leach
- (iii) controlling the irrigation flow rate within the heap; and
- 10 (iv) addition of a buffering agent with a pK_a value within the selected target pH range.

In the case of mechanism (i), the oxidation of sulfur may be controlled by regulating the flow rate of an oxidising gas throughout the heap. Typically, 15 the oxidising gas is air. The flow rate adjustment may occur in response to measured values of said oxidizing gas within said heap and/or pH of said leaching solution. Typically the heap is aerated via an air distribution system within or under the heap. Because the oxidation of sulfur is an oxygen-consuming process, the restriction of air flow rate has an immediate and readily controllable impact on acid generation. The flow rate of air through the 20 line may be adjusted as necessary. Measurement of oxygen gas concentrations within the heap can be used in addition to solution pH measurements in order to monitor the effect of restricted air flow.

25 In the case of mechanism (ii), several species may naturally build up within the leaching circuit and may be allowed to reach a level that becomes inhibitory to microbial sulfur oxidation. The inhibitory salts preferably include one or more of magnesium, aluminium, iron, sulfates and chlorides.

30 The most prevalent of these inhibitory salts in this context is sulfate. Sulfate is particularly useful in this regard because it is not toxic or directly inhibitory *per se* but rather, causes gradual inhibition because of osmotic and water activity effects. Where the inhibitory salts are sulfates, preferably step

(ii) comprises regulating the concentration of sulfate to within the range of 100 to 180 g/L. These inhibition ranges are dependent on the composition of the balancing cations, with monovalent cations (such as sodium) generally causing slightly increased inhibition compared to divalent cations (such as magnesium). The concentration of inhibitory salts can be regulated by managing the leaching solution chemistry and recycle parameters, such as by controlling the amount of fresh leaching solution added to the leachate as it is recirculated within the heap.

10 In the case of heap leaching a nickel and cobalt containing ore, the inhibitory salts typically comprise magnesium and/or iron sulfates which naturally build up within the leaching circuit, or can be derived from downstream barren leachates. For example the concentration of Mg in solution can be used to control the rate of S oxidation, and therefore the acid
15 generation rate. Mg concentrations, typically with sulfate as the main counter-anion starts becoming inhibitory to S oxidation at soluble concentrations above about 15 g/L. This inhibition is gradual and may only reach its full inhibitory effect at about 30 g/L. This provides a very useful control mechanism for sulfur oxidation. The concentration of Mg in solution can be controlled by the
20 management of solution recycle and the dilution with fresh water. In addition, it may be controlled by membrane filtration or reverse osmosis techniques.

Other inhibitory salts which may be used in a similar manner include chlorides, although chlorides have a more severe inhibitory impact and at
25 much lower concentrations than that of sulfates, and may therefore be more difficult to use as a control mechanism in some embodiments. The use of chlorides may also be complicated by the fact that halo-tolerant bacteria can tolerate an order of magnitude higher chloride concentration than commonly used sulfur oxidation microbial strains. In addition, in some instances such
30 chloride-resistant strains may be deliberately introduced as a major constituent of the microbial inoculation consortium in cases where high-chloride process water is utilized, such as sea water or hypersaline water. Several halotolerant bacteria can also oxidise ferrous iron, resulting in its precipitation within the

heap. This advantageously can reduce the amount of iron needing to be processed downstream. In chloride rich process solutions, ferric iron may precipitate as the mineral akaganeite $[\text{FeO}(\text{OH}, \text{Cl})]$. Precipitation of this mineral may also be used as a mechanism to remove chlorides from solution, in scenarios where this may be desirable.

Another benefit derived from the use of chloride rich solutions (from concentrations containing 10 g L^{-1}) is that the chloride influences the surface properties of elemental sulfur. More specifically the hydrophobicity of typical Claus-sulfur seems to be reduced, rendering the sulfur more reactive and more readily oxidized by microbial means. This may be used as a means of overcoming prolonged lag time and slow oxidation rates of sulfur where it may occur.

Chlorides also generally have a beneficial effect on leaching performance of minerals, and is generally known in the art. The beneficial effect of chloride is believed to be partly due to the impact of increased proton activity, and because it acts as a complexing agent for iron.

In the case of mechanism (iii), control of the irrigation flow rate may be used either by itself or together with control of aeration flow rate to manage the temperature of the heap, which in turn affects microbial activity. Increasing the flow rate of one or both reduces heap temperature. Irrigation flow rate also has an impact on the prevailing salt content within the heap and may be used as a control mechanism in this manner too. The irrigation flow rate typically is controlled to within the range $6\text{-}20 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. By increasing the temperature of the heap, generally the rate of leaching also increases. In addition, higher temperatures result in a higher amount of iron precipitates in the heap which can advantageously minimise the amount of iron which needs to be removed in downstream processing.

In the case of mechanism (iv) the buffering agent preferably controls the pH solution either by itself, or in conjunction with another mechanism. pH buffers can typically buffer against mild fluctuations of pH. Accordingly where

the acid demand is low, buffers may be able to be used on their own without the need for in-situ acid generation. This would apply in low-acid consuming scenarios or where use of large amounts of buffers is economical. Alternatively, pH buffers can be used in conjunction with another mechanism in
5 high acid consuming environments.

Examples of buffering agents which may be used are oxalate/oxalic acid, phosphate containing species, or any other suitable buffer with a pK_a values within the target pH range for leaching.
10

The invention will be better understood by reference to the accompanying drawings and non-limiting Example.

15 **Brief Description of the Drawings**

Figure 1 is a graph showing the general relationship between overall acid consumption of an ore and pH of a leaching solution.

20 Figure 2 is a graph showing the conceptual acid generation and acid consumption rates as a function of pH, and where the acid generation is biogenically generated from the oxidation of sulfur.

Figure 3 is a graph showing metal extraction (%) vs acid consumption (kg/ton ore) for a nickel and cobalt laterite ore as described in the Example.
25

Figure 4 is the same graph of Figure 3 additionally showing the net present value vs acid consumption.

30 Figure 5 is a graph showing the acid consumption plotted as a function of pH for a nickel and cobalt containing ore described in the Example.

Example

The Example concerns a project involving heap leaching of a lateritic ore using in situ generation of acid. The nickel and cobalt containing lateritic ore of interest is first subjected to experimental leaching using a multiple of leaching solutions, each having a different constant pH. Leaching resulted in the extraction of the metals including nickel, iron, magnesium, manganese and aluminium. The amount of metal extracted by each leaching solution was measured as a function of pH value. Also the acid consumption was plotted as a function of pH in Figure 5. The percent metal extraction for each metal was then plotted against acid consumption in Figure 3.

The acid consumption data, together with other project parameters including the weighted average cost of capital, financial risk premium, taxation regime, operational costs, capital costs, ore reserve and a forecast of future reagent and metal prices, were then used to calculate values of net present value of the project. The NPV values were then plotted against acid consumption in Figure 4.

The scale values for the NPV curve in Figure 4 are not shown as they are dependent on the long-term price protocols used by the specific company contemplating the project. The shape of the curve, and the principle represented thereby are of greater relevance than specific NPV values *per se*.

Using Figure 4 it can be illustrated that the optimal economic acid consumption level to pursue does not necessarily correspond with the maximum extractable target metal of interest. It is clear from Figure 4 that the maximum NPV is reached for the specific project, at a nickel extraction of less than 60%, despite the fact that the maximum extractable nickel may be over 70%. Without the data collected in the experimental manner as described above, and subsequent techno-economic modelling, it would not be obvious which operating solution pH to target using in-situ acid generation techniques.

Accordingly, Figure 4 shows that the optimal NPV for the project corresponds to an overall acid consumption of approximately 380kg/ton of ore. The specific acid consumption in turn was the result of a constantly applied pH of leaching solution of approximately 2, as is evident from Figure 5.

5 Accordingly, the optimal operational heap leaching solution for this project was at pH=2.

Having experimentally determined the optimal solution pH, this knowledge can then be applied to a specific heap leaching project. However,

10 it should be appreciated that knowledge of the optimal solution pH is only of value if the pH within the heap can be controlled at this value. Simply adding a leaching solution having a pH of 2 to the top of the heap is not sufficient because pH will rapidly increase as the solution percolates down the heap.

15 The laterite ore (have a particle size of 100 % passing 6 mm or 12.5 mm) would typically be mixed with sulfur at a concentration of 100-130kg sulfur per ton during agglomeration. Sulfur oxidising microbes would typically be also added during agglomeration. These may be supplemented, if necessary, by subsequent further additions to the irrigating leach solution. The heap

20 should also include an aeration distribution system. The air flow rate can then be modified in response to pH readings.

The pH levels would typically be determined by measuring the pH of the pregnant leach solution exiting the heap, checking it against the pH of the

25 irrigating leach solution entering the heap and adjusting pH as necessary.

When pH levels drop below the optimal value of 2, air flow rate can be decreased and when pH levels exceed 2, air flow rate can be increased.

30 By controlling the pH within the heap in this manner, acid consumption can be maintained around the optimal rate of 400kg/ton, allowing nickel to be extracted at around 60wt%.

The process of the present invention is not applicable to all ore types. For example, if the ore's acid consumption rate is too high it would prevent a suitably low equilibrium pH condition to be reached using the inventive process. Alternatively if the solution pH required for optimal metal recovery is too low (i.e. $< < \text{pH } 1$), it may not be achievable by microbial oxidation of sulfur. The overall acid consumption is also important, e.g. for a specific ore the leaching time required may be so long that the overall acid consumption is too high to be met by the amount of pre-agglomerated sulfur. Typically, if the overall acid consumption required exceeds 450 kg per ton it would be unlikely that the inventive process, alone, could be successfully applied to the specific ore. This is because an excess of 450 kg sulfur acid would require an agglomerated sulfur content exceeding 150 kg per ton ore, and because exceeding this amount of agglomerated sulfur may generally be problematic for agglomeration and heap stability reasons.

15

The main advantages of the inventive process are:

- Reduced overall acid consumption due to the sustained controlled pH maintained throughout the heap height at the economic optimal leaching pH condition, has an important impact on the project operational costs – both for the extractive hydrometallurgy and downstream processing components of a heap leaching project.
- The in situ generation of acid within the heap, allows the significant capital cost of an acid-generation plant to be omitted from the heap leaching project costs.
- The less aggressive acid leaching conditions, compared to that demonstrated by traditional acid heap leaching reduces overall mass loss in the heap despite the fact that sulfur mass loss obviously occurs. The reduced mass loss, in turn, reduces the risk of heap instability and hydraulic permeability problems. In addition less aggressive agglomeration techniques can be used – allowing significantly reduced acid requirements

30

during agglomeration. Acid requirement during agglomeration has to be determined on a case-by-case basis but stable agglomeration required for the process of the invention has been demonstrated with the use of acid additions as low as 2-5 kg per ton of ore during agglomeration.

5

- Increased heap stability facilitated by the invention, allow for taller heaps to be used compared to the typical 4-5 metre height used for highly acid consuming ores. Increased heap heights may significantly reduce the heap footprint, leaching pad, and thus also the ancillary capital cost items such as irrigation, aeration and drainage systems.

10

- The conditions conducive to microbial sulfur oxidation are generally also conducive to ferrous iron oxidation. In addition many of the microbial strains capable of sulfur oxidation also have the ability to oxidize ferrous iron. Iron oxidation within a heap is an important benefit for a number of reasons. Several target heap leaching projects result in significant release of iron in the ferrous state. Iron, and ferrous iron in particular, poses a significant cost impact on downstream processing, most notably in the case of laterite projects. The oxidation of ferrous iron within the heap improves the extent to which iron precipitates and is retained within the heap. Such precipitation generally occurs as jarosite, schwertmannite or other ferric oxyhydroxides. This reduces the amount of iron that reports to the leach solution and downstream processing circuit. In addition, ferric sulfates which may also be produced in the heap are inhibitory salts which can control pH in the heap as previously discussed.

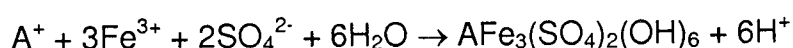
15

20

25

- Another, important benefit of iron precipitation in this manner is that it contributes additional acid into solution, as a result supplementing the acid produced from sulfur oxidation. The precipitation of jarosite may be induced by the presence of cations such as sodium. The general reaction for jarosite (and related precipitates) is given below:

30



(where A represents cations such as K^+ , Na^+ , NH_4^+ , or H_3O^+)

- 5 • Elevated heap temperatures may be attained within the heap, depending upon the imposed heat loss strategy employed by controlling the combination of air flow rate, irrigation rate and heap height. A significant amount of heat may be available from the oxidation of sulfur (i.e. $S^0 + 1.5O_2 + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$ yields $\Delta H_f^0 = -606 \text{ kJ mol}^{-1}$). Increasing temperature may in turn increase heap leaching kinetics and reduce leaching periods.
- 10 Anticipated increased heap temperatures may require the inoculation of the heap with microbial strains suitable for elevated temperature conditions.

- 15 • Increased temperatures also significantly increase precipitation of jarosite, schwertmannite and similar minerals, thereby further increasing acid derived from this source as well as benefiting downstream processing.

- 20 • Iron precipitation as described here also results in reduced sulfate reporting to the downstream processing circuit. This is an important benefit in high rainfall environments where sulfate treatment and/or disposal cannot be achieved by evaporation methods.

- 25 • Increased temperature of the pregnant leach solution exiting the heap also results in a reduction in energy requirement for downstream processing. For example, a typical process used for the removal of iron from pregnant leach solutions is the so-called goethite precipitation process in which ferric iron is precipitated as goethite. For this to occur the solution temperature is typically increased to approximately 70°C at pH 4.5. This temperature increase typically requires a very large energy consumption, which is reduced if the pregnant leach solution temperature exiting the heap is
- 30 already at an elevated level.

- Arsenic oxidation is often associated with ferrous iron oxidation and is a well-known feature of bioleaching systems, where the arsenic is oxidized to

arsenate and co-precipitated with ferric-oxyhydroxides, thus preventing arsenic from reporting to the downstream solution processing circuit. This may be an advantageous feature for applications of low-grade sulphide containing arsenic minerals in high acid consuming ores.

5

The invention described herein is susceptible to variations, modifications and/or additions other than those specifically described and it is to be understood that the invention includes all such variations, modifications and/or additions which fall within the spirit and scope of the above description.

10

Claims

1. A method for leaching a material containing one or more target metals
5 using an acidic leaching solution to extract said one or more target metals, said method including
(I) empirically determining an optimal acid concentration range for said acidic leaching solution by:
 - (a) determining the relationship between the concentration of extracted
10 target metal/s and acid consumption in said leaching solution,
 - (b) utilizing said relationship to evaluate value parameters for the target metal containing material as a function of said acid consumption, and
 - (c) determining said optimal acid concentration range, which is the pH range corresponding to an optimal value parameter; and
- 15 (II) controlling the concentration of said acidic leaching solution such that its pH is substantially within the optimal acid concentration range throughout said material.
- 20 2. The method of claim 1, wherein said material is leached by a heap leaching process.
3. The method of claim 1, wherein said metal containing material is selected from ores, ore rejects, concentrates and metal containing waste, and
25 combinations thereof.
4. The method of claim 1, wherein said metal containing material is a high acid consuming ore, such as a laterite ore, preferably a nickel and cobalt containing laterite ore.
- 30 5. The method of claim 1, wherein said metal containing material is selected from low grade sulfide ores, transition ores and supergene ores.

6. The method of claim 1, wherein said metal is selected from nickel, cobalt, copper, zinc and uranium.
7. The method of claim 1, wherein said acidic leaching solution is
5 generated in situ in the heap, preferably by microbial oxidation of a sulfur containing material.
8. The method of claim 1, wherein said acidic leaching solution is sulfuric acid.
- 10 9. The method of claim 7, wherein said microbial oxidation is effected by sulfur oxidising micro-organisms selected from the group consisting of *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum species*, *Sulfobacillus*, *Thermosulfidooxidans*, *Sulfolobus brierleyi*, *Sulfolobus acidocaldarius*, *Sulfolobus BC*, *Sulfolobus solfataricus*, *Sulfolobus metallicus*,
15 *Thiomicrospora sp.*, *Achromatium sp.*, *Macromonas sp.*, *Thiobacterium sp.*, *Thiospora sp.*, *Thiovulum sp.*, *Acidithiobacillus*, *Acidimicrobium*, *Sulfobacillus*; *Ferrimicrobium*, *Acidiphilum*, *Alicyclobacillus*, *Acidianus*, *Metallosphaera*, *Thermoplasma* and mixtures thereof.
- 20 10. The method of claim 7, wherein said sulfur oxidising micro-organisms include halotolerant micro-organisms.
11. The method of claim 10, wherein the halotolerant sulfur oxidising micro-organisms include *Thiobacillus prosperus* sp. nov.
25
12. The method of claim 7, wherein said sulfur containing material is selected from elemental sulfur, sulfide compounds and combinations thereof.
- 30 13. The method of claim 12, wherein said sulfide compounds include pyrite and pyrrhotite.

14. The method of claim 12, wherein said elemental sulfur comprises coarse sulfur particles, flakes or prills.
15. The method of claim 12, wherein said elemental sulfur is biologically generated.
16. The method of claim 14, wherein said elemental sulfur is hydrophilic.
17. The method of claim 1, wherein the value parameter is net present value (NPV).
18. The method of claim 1, wherein step (I) (a) comprises:
- (i) leaching said material with one or more leaching solutions having a range of pH values to produce one or more leachates;
 - (ii) measuring the concentration of extracted metal in the or each leachate;
 - (iii) calculating the acid consumption value corresponding to each pH value;
 - (iv) determining the concentration of extracted metal for each value of acid consumption; and
 - (v) determining the relationship between acid consumption and concentration of extracted metal.
19. The method of claim 1, wherein said metal containing material is a low grade ore or ore rejects.
20. The method of claim 1, wherein said metal containing material is formed into agglomerates.
21. The method of claim 20, wherein said agglomerates include a sulfur containing compound.

22. The method of claim 21, wherein said agglomerates further include a microbial inoculum capable of sulfur oxidation.

23. The method of claim 22, wherein said sulfur containing compound and said microbial inoculum are applied to said metal containing material prior to or during agglomeration.

24. The method of claim 22, wherein said sulfur containing compound and said microbial inoculum are applied to said metal containing material after agglomeration.

25. The method of claim 1, wherein said optimal acid concentration range is between pH of 0.5 and 2.5.

26. The method of claim 1, wherein in step (II), the concentration of said acidic leaching solution is controlled by controlling the in situ generation of acid within the heap.

27. The method of claim 1, wherein step (II) comprises controlling a substantially homogeneous concentration of acidic leaching solution throughout the height of the heap.

28. The method of claim 27, wherein said in situ generation of sulfuric acid is controlled by one or more of the following mechanisms:

(i) controlling the oxidation of sulfur by regulating the distribution rate of an oxidant within the heap;

(ii) controlling concentration of inhibitory salts inherently produced during said leach;

(iii) controlling the irrigation flow rate within the heap; and

(iv) addition of a pH buffering agent.

29. The method of claim 28, wherein mechanism (i) comprises regulating the flow rate of an oxidising gas throughout the heap.

30. The method of claim 29, wherein the oxidising gas is air.

31. The method of claim 28, wherein mechanism (i) comprises adjusting the
5 flow rate of an oxidising gas throughout the heap in response to measured values of said oxidizing gas within said heap and/or pH of said leaching solution.

32. The method of claim 28, wherein in mechanism (ii), said inhibitory salts
10 are detrimental to microbial sulfur oxidation and preferably comprise one or more of magnesium, sulfates and chlorides.

33. The method of claim 28, wherein in mechanism (ii) comprises regulating
the concentration on sulfate to within the range of 100 to 180 g/L.

15 34. The method of claim 28, wherein mechanism (iii) comprises regulating the irrigation flow rate in order to control heap temperature.

35. The method of claim 28, wherein mechanism (iii) comprises regulating
20 the irrigation flow rate to within the range of 6 to 20 L m⁻² h⁻¹.

36. The method of claim 28, wherein mechanism (iv) comprises addition of
a pH buffering agent, preferably selected from oxalate or phosphate containing species.

25 37. A method for heap leaching a material containing one or more target metals, substantially as herein described within reference to the Example.

38. A method for heap leaching a material containing one or more target
30 metals, substantially as herein described within reference to the accompanying drawings.

Figure 1

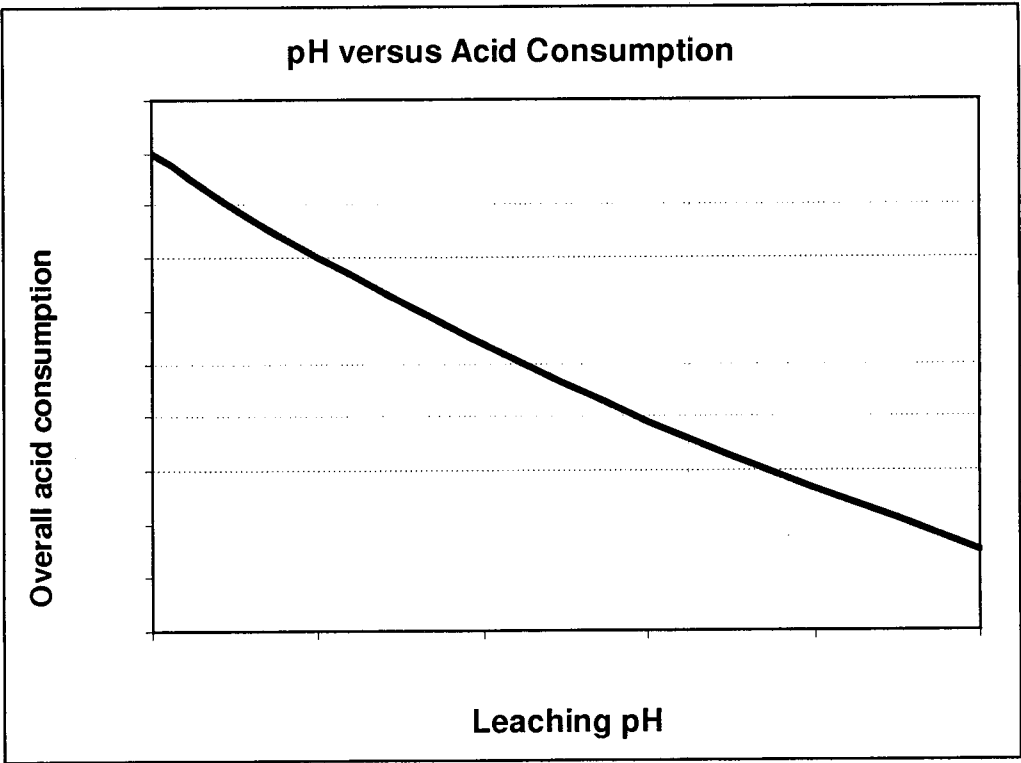


Figure 2

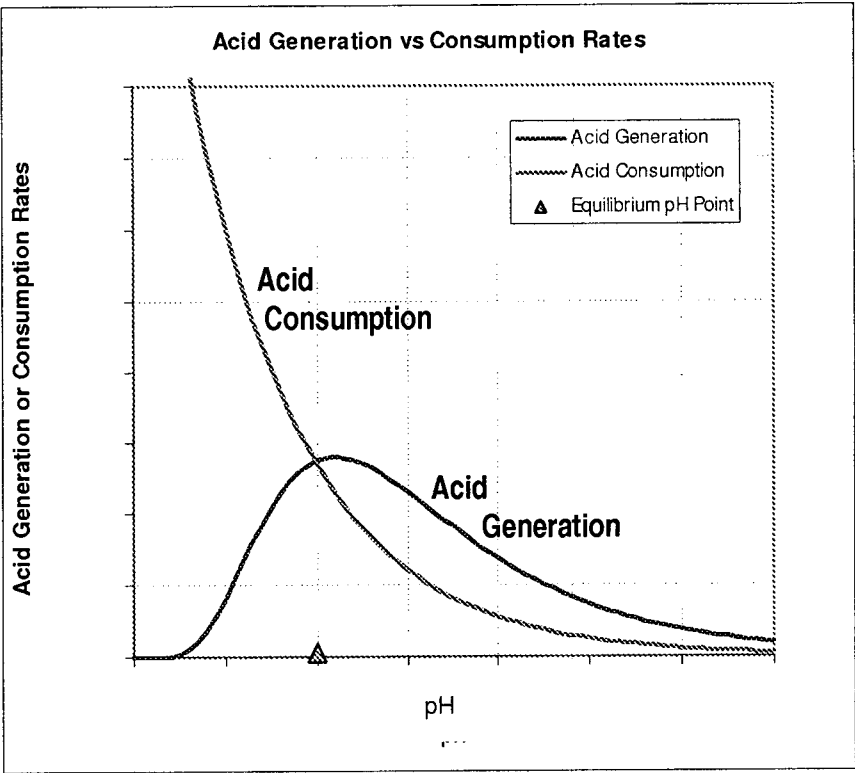


Figure 3

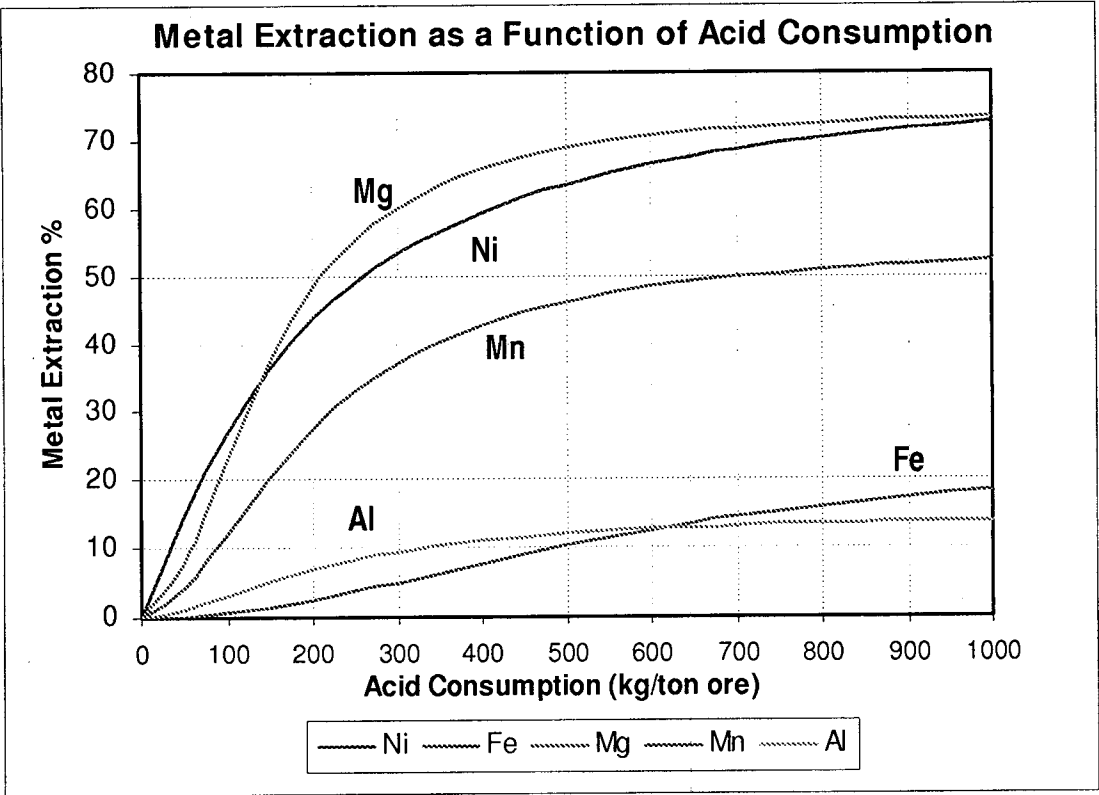


Figure 4

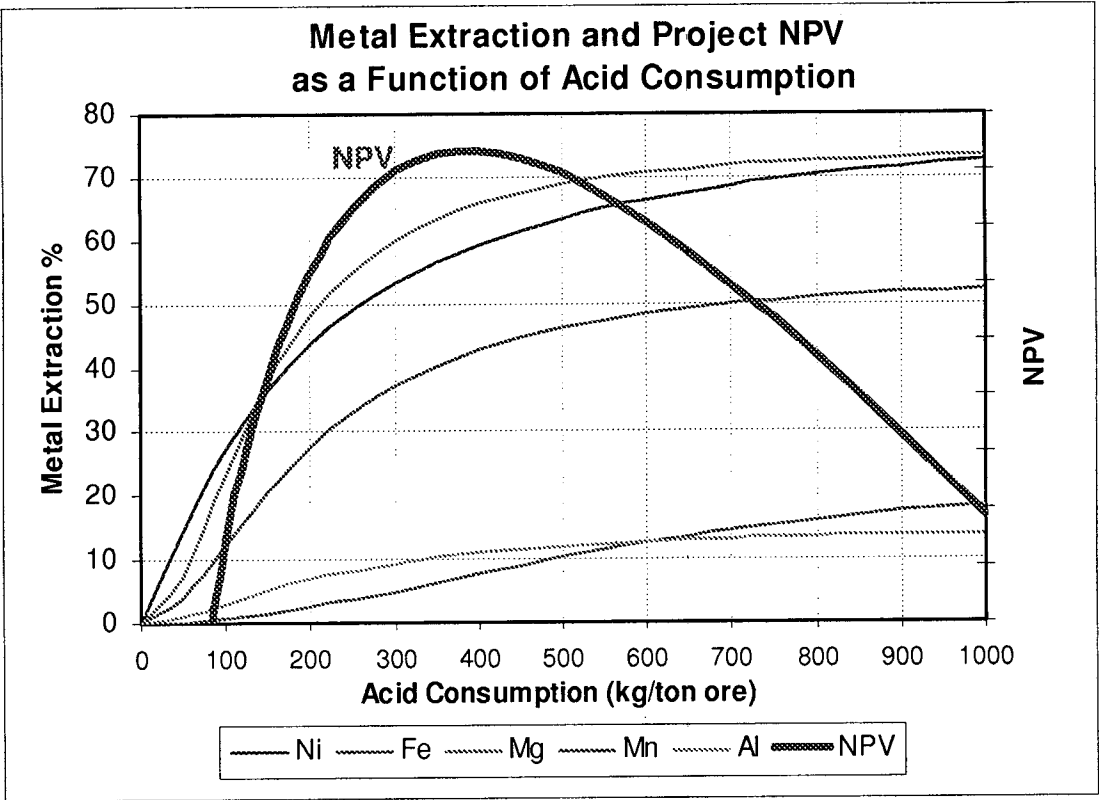
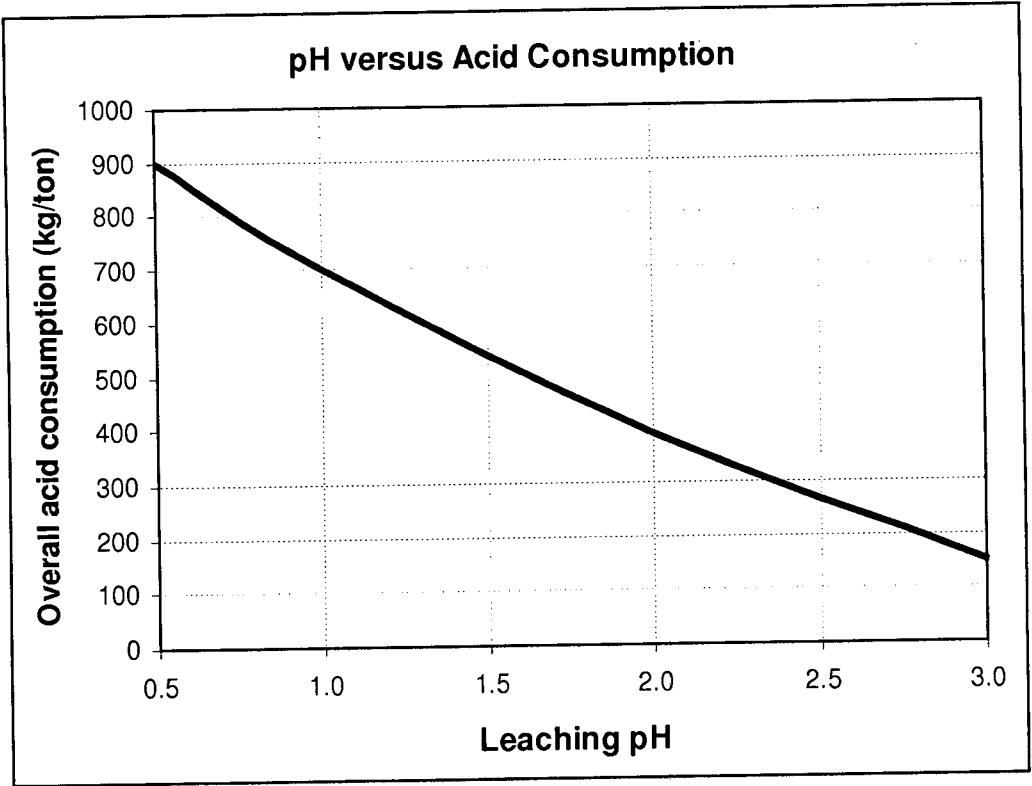


Figure 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AU2009/000961

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. C22B 3/06 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPODOC and WPI: /IC/EC C22B3 and keyword(s) (leaching and (recover+ or extract+) and (h2so4_consum+ or acid_consum+)), (leach+ and (experiment+ or empirical+ or observ+)); EPODOC and WPI: and keyword(s) (leaching and (recover+ or extract+) and (h2so4_consum+ or acid_consum+) and control+), (leach+ and ("value parameter+" or "net present value" or NPV)); TXTE and keywords (leaching and (recover+ or extract+) and (h2so4_consum+ or acid_consum+) and control+).																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>WO 2006/049632 A1 (PHELPS DODGE CORPORATION) 11 May 2006</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 3804613 A (Zundel et al.) 16 April 1974</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2006/043154 A1 (ANGLO OPERATIONS LIMITED) 27 April 2006</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> ☐ Further documents are listed in the continuation of Box C ☒ See patent family annex <table border="1"> <tr> <td> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td> Date of the actual completion of the international search 19 August 2009 </td> <td> Date of mailing of the international search report 25 AUG 2009 </td> </tr> <tr> <td> Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pct@ipaustalia.gov.au Facsimile No. +61 2 6283 7999 </td> <td> Authorized officer John Deuis AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No : +61 2 6283 2146 </td> </tr> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	WO 2006/049632 A1 (PHELPS DODGE CORPORATION) 11 May 2006		A	US 3804613 A (Zundel et al.) 16 April 1974		A	WO 2006/043154 A1 (ANGLO OPERATIONS LIMITED) 27 April 2006		* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	Date of the actual completion of the international search 19 August 2009	Date of mailing of the international search report 25 AUG 2009	Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pct@ipaustalia.gov.au Facsimile No. +61 2 6283 7999	Authorized officer John Deuis AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No : +61 2 6283 2146
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
A	WO 2006/049632 A1 (PHELPS DODGE CORPORATION) 11 May 2006																			
A	US 3804613 A (Zundel et al.) 16 April 1974																			
A	WO 2006/043154 A1 (ANGLO OPERATIONS LIMITED) 27 April 2006																			
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																			
Date of the actual completion of the international search 19 August 2009	Date of mailing of the international search report 25 AUG 2009																			
Name and mailing address of the ISA/AU AUSTRALIAN PATENT OFFICE PO BOX 200, WODEN ACT 2606, AUSTRALIA E-mail address: pct@ipaustalia.gov.au Facsimile No. +61 2 6283 7999	Authorized officer John Deuis AUSTRALIAN PATENT OFFICE (ISO 9001 Quality Certified Service) Telephone No : +61 2 6283 2146																			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
 PCT/AU2009/000961

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
 because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 37-38
 because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
 The claims do not comply with Rule 6.2(a) because they rely on references to the description and/or drawings.

3. ☐ Claims Nos.:
 because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a)

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AU2009/000961

This Annex lists the known "A" publication level patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The Australian Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent Document Cited in Search Report				Patent Family Member			
WO 2006049632	AP	1658	AP	1752	AU	77161/01	
	AU	2004324610	AU	2007248092	BR	0112755	
	BR	0211410	BR	PI0419191	CA	2417417	
	CA	2454821	CA	2585045	CA	2649851	
	EA	200802228	EP	1303641	EP	1412557	
	EP	1805336	EP	2013370	JP	2007314890	
	MX	PA03000745	MX	PA04000749	MX	2007005089	
	OA	12342	PL	365757	PL	367714	
	US	6451089	US	6663689	US	6676909	
	US	6972107	US	7341700	US	7476308	
	US	7485216	US	2002044899	US	2003019331	
	US	2004130076	US	2004146438	US	2005109163	
	US	2005126923	US	2006144717	US	2006196313	
	US	2008023342	US	2008216606	US	2009101518	
	WO	0208475	WO	03010362	WO	2007130985	
	ZA	200300679	ZA	200400539	ZA	200703451	
US 3804613	AU	41508/72	CA	964866	DE	2219674	
	FR	2152523	JP	48038227	PH	11005	
	ZA	7202593					
WO 2006043154	AR	051227	AR	051228	AU	2005297143	
	AU	2005297147	BR	PI0516774	BR	PI0517281	
	CN	101072885	CN	101090983	EP	1809777	
	EP	1809778	KR	20070084414	KR	20070084417	
	WO	2006043158					
Due to data integration issues this family listing may not include 10 digit Australian applications filed since May 2001.							
END OF ANNEX							

PROCESO DE LIXIVIACIÓN ÁCIDA HOMOGÉNEA CONTROLADA

Campo de la invención

5 Esta invención se relaciona con un proceso para la lixiviación ácida de un material que contiene uno o más metal(es) objetivo en el que la concentración del ácido de la solución de lixiviación se puede controlar a un nivel predeterminado para que sea económicamente óptima. La invención se refiere particularmente a un proceso de lixiviación en pila de un material que consume gran cantidad de
10 ácido, controlando la concentración de ácido de la solución de lixiviación a un nivel óptimo económicamente y sustancialmente homogéneo en toda la lixiviación.

Antecedentes de la invención

15 La lixiviación en pila es una tecnología hidrometalúrgica bien conocida, que se usa típicamente para lixiviar metales a partir de minerales de bajo grado o minerales rechazados.

 Los minerales que consumen ácido en gran cantidad son minerales donde
20 el(los) metal(es) objetivo requieren soluciones ácidas para ser extraídos y la mineralogía de la ganga también consume ácido en una tasa muy alta.

 La lixiviación en pila generalmente no se usa para minerales que consumen grandes cantidades de ácido debido a que este alto consumo de ácido y el
25 impacto resultante sobre: (1) los costos extractivos de la hidrometalurgia relacionados con el ácido, (2) los costos de procesamiento corriente abajo

relacionados con la solubilización en ácido de los metales sin valor, y (3) la inestabilidad de la pila.

Las excepciones notables se dan cuando el valor de metal que se puede extraer es relativamente alto. Las lateritas de níquel pueden tener grados relativamente altos de níquel (e.g. > 0.5%) y la presencia de cobalto que ha sido suficiente para inducir la aplicación de la lixiviación en pila, basada en ácido para las lateritas de níquel, a pesar del impacto técnico y económico del alto consumo de ácido.

10

Los principales factores que determinan si la lixiviación en pila de un mineral particular es económica, son:

- (1) El consumo total de ácido, que es función de la mineralogía de la ganga y de la concentración ácida del mineral expuesto a,
- (2) La extensión de la extracción del metal de valor, y
- (3) La extensión de la co-extracción de elementos no deseados, que impactan los costos de procesamiento corriente abajo. Por ejemplo, en el caso de lateritas de níquel, tanto el níquel como el cobalto son metales de valor que se liberan durante la lixiviación ácida, mientras que el hierro, el manganeso, el aluminio, el cromo y el magnesio son los principales factores co-extraídos que impactan los costos de procesamiento corriente abajo .

20

El consumo de ácido es el factor determinante más importante tanto de los gastos de operación y del desembolso de capital en cualquier proyecto de lixiviación en pila, debido a los factores anteriores.

25

Para la mineralogía de un mineral dado, el consumo de ácido y su impacto asociado, están gobernados por la concentración del ácido a la cual se opera el proceso de lixiviación.

5 La lixiviación en pila de los minerales que consumen grandes cantidades de ácido conduce a un gradiente exagerado de concentración de ácido en función de la altura de la pila, cuando se opera bajo condiciones típicas (i.e. la aplicación del ácido vía la solución de irrigación en la parte superior de la pila) este modo típico de operación en pila, significa que la parte superior de la pila esta sobre-
10 expuesta al ácido con el propósito de asegurar que una concentración mínima de ácido alcance eventualmente la profundidad total del lecho. Tal gradiente que induce la lixiviación ácida produce un consumo de ácido alto totalmente innecesario y un alto nivel de metales no deseados en co-disolución. Esto a su vez, genera la necesidad de una planta de producción de ácido costosa y grande,
15 además de los altos costos asociados con la remoción de los metales no deseados en el circuito de procesamiento corriente abajo.

El alto consumo de ácido y la disolución de la ganga a menudo también conducen a problemas de estabilidad de la pila y de permeabilidad hidráulica.
20 Esto se debe a que la pérdida de masa total en la lixiviación en pila típica de la laterita puede ser tan alta como 40% en peso.

Una vía potencial en la cual el gradiente exagerado de pH se puede reducir, es aumentar la tasa del flujo de irrigación. Sin embargo, esta estrategia
25 está limitada por el hecho de los severos problemas hidráulicos encontrados en las tasas altas de aplicación de la solución ($>40 \text{ L. m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) que se necesitarían para superar el gradiente.

Otras estrategias potenciales para reducir el gradiente incluyen el uso de bien sea pilas muy bajas (i. e. < 4 m de altura) o pilas irrigadas en niveles múltiples (i.e., a varias profundidades en adición a la irrigación superficial). Las dos estrategias también son problemáticas. Las pilas muy bajas requieren un área superficial muy grande de la pila y almohadillas de contención extendidas en el contorno de la pila. Esto tiene un impacto significativo sobre los costos de capital y de operación. Los sistemas de irrigación en multicapa (o multinivel, a su vez, no son prácticos debido a que tales sistemas de distribución de la irrigación son propensos al deterioro durante el apilamiento y no se pueden monitorear satisfactoriamente o mantener durante la operación de la pila. Tal irrigación en multicapa también produce un aumento en las tasas de flujo hidráulico con el incremento de la profundidad de la pila, lo cual puede tener efectos secundarios negativos. Los minerales que consumen grandes cantidades de ácido también se someten a etapas de pre-tratamiento, previas a la lixiviación en pila, tales como tratamiento con ácido, con el propósito de neutralizar por lo menos parcialmente el mineral. Sin embargo, tales pre-tratamientos suman significativamente a los costos y a la complejidad del tratamiento del mineral.

El uso de la generación de ácido *in situ* dentro de la pila, genera algunas de las limitaciones listadas anteriormente. Sin embargo, a la fecha no se ha desarrollado un método riguroso para determinar y mantener las condiciones óptimas de lixiviación en la pila, con el propósito de minimizar el consumo de ácido pero permitiendo la disolución suficiente del metal objetivo.

En consecuencia, hay necesidad de un proceso de lixiviación en pila que evite los gradientes de concentración de ácido dentro de la pila y permita que la lixiviación se haga en una concentración de ácido seleccionada que se pueda

mantener sustancialmente de manera uniforme en toda la lixiviación. Tal proceso permitiría que la lixiviación se hiciera bajo condiciones económicamente óptimas, teniendo en consideración la recuperación del metal de valor, el consumo de ácido y los costos de procesamiento corriente abajo.

5

Descripción de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona:

Un método para lixiviar un material que contiene uno o más de los metales
10 objetivo, utilizando una solución ácida de lixiviación para extraer dichos uno o más metales objetivo, tal método incluye

(I) Determinar empíricamente un rango de concentración óptima de ácido para dicha solución ácida de lixiviación, como sigue:

15 (a) Determinar la relación entre la concentración del metal(es) objetivo extraído(s) y el consumo de ácido en dicha solución de lixiviación,

(b) Utilizar dicha relación para evaluar los parámetros de valor para el material que contiene el metal objetivo en función de dicho consumo de ácido, y

20 (c) Determinar dicho rango de concentración óptima de ácido, que es el rango de pH que corresponde a un parámetro de valor óptimo; y

(II) Controlar la concentración de dicha solución ácida de lixiviación de tal manera que su pH este sustancialmente en el rango de concentración
25 óptima de ácido en todo el material.

El término “parámetro de valor” significa un parámetro que mide el valor económico total del material que contiene el metal, teniendo en cuenta los factores de costos predeterminados. Típicamente, el parámetro de valor es el valor presente neto, o NPV, de un proyecto que involucra la lixiviación en pila del material que contiene el metal. El término “valor presente neto” (NPV) es un término del arte y será entendido por aquellos versados en este sentido.

El método de la presente invención es particularmente aplicable a la lixiviación en pila de un material, y la siguiente descripción, en consecuencia, se enfocará sobre esta aplicación. Sin embargo, se debe entender que la invención no se limita a la lixiviación en pila y puede, por ejemplo, extenderse a la lixiviación en tanque, e.g. tanques agitados, o a la lixiviación en otros recipientes.

En consecuencia, el proceso de lixiviación se opera bajo condiciones tales que la solución de lixiviación tiene una concentración de ácido controlada sustancialmente de manera uniforme, que se predetermina para que sea óptima económicamente para el material particular a lixiviar.

El metal objetivo puede ser uno o más de: cobalto, níquel, cobre, zinc y uranio.

Generalmente el material que contiene el uno o más de los metales objetivos se selecciona de minerales, concentrados y desechos que contienen metal, y combinaciones de estos. Más típicamente, el material es un mineral, y la siguiente descripción se enfoca, sobre esta aplicación, aunque se debe entender claramente que la invención también es aplicable a materiales distintos de mineral. Más típicamente, el material es un mineral que consume ácido, tal como una

laterita o un mineral que contiene sulfuros, preferiblemente un mineral que contiene níquel y cobalto. El mineral que contiene níquel y cobalto puede ser uno o más de: laterita, saprolita, nontronita, limonita, oxidadas parcialmente y minerales sulfurados o un concentrado o un intermediario.

5

Preferiblemente, el material que contiene el objetivo se convierte en aglomerados.

Preferiblemente la solución ácida de lixiviación es ácido sulfúrico.

10

Una característica preferida de la presente invención es que la solución de lixiviación se genere *in situ* en la pila. Aunque la siguiente descripción se enfocará sobre esta implementación, se debe entender claramente que la invención no se limita a esta implementación y se puede extender a los métodos convencionales de aplicación de las soluciones de lixiviación, tales como la adición a la parte superior de la pila o la irrigación dentro de la pila.

La solución ácida de lixiviación preferiblemente se puede generar *in situ* ya sea por la oxidación microbiana de un material que contiene azufre, o por la introducción de una mezcla gaseosa que comprende SO_2 y un gas que contiene oxígeno. Sin embargo, debido al potencial de las emisiones fugitivas del SO_2 , preferiblemente se genera la solución ácida de lixiviación *in situ* en la pila, mediante oxidación microbiana de un material que contiene azufre.

25

La oxidación microbiana preferiblemente se efectúa por microorganismos azufre-selectivos, que se seleccionan de bacterias oxidantes que son capaces de oxidar el azufre. Ejemplos no limitantes de bacterias adecuadas o de archaea

incluyen aquellas seleccionados del grupo que consiste de: *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferroxidans*, *Leptospirillum species*, *Sulfobacillus*, *Thermosulfidooxidans*, *Sulfolobus brierleyi*, *Sulfolobus acidocaldarius*, *Sulfolobus BC*, *Sulfolobus solfataricus*, *Sulfolobus metallicus*, *Thiomicrospora sp.*,
5 *Achromatium sp.*, *Macromonas sp.*, *Thiobacterium sp.*, *Thiospora sp.*, *Thiovulum sp.*, *Acidithiobacillus*, *Acidimicrobium*, *Sulfobacillus*, *Ferrimicrobium*, *Acidiphilum*, *Alicyclobacillu*, *Acidianus*, *Metallosphaera*, *Thermoplasma* y mezclas de estos.

Los microorganismos azufre-selectivos pueden incluir microorganismos
10 halotolerantes, tales como *Thiobacillus prosperus sp nov.*

El material que contiene azufre se selecciona típicamente de azufre elemental, compuestos sulfuro y combinaciones de estos.

15 Los compuestos sulfuro pueden incluir piritita y pirrotita, que se encuentran disponibles ventajosamente de manera abundante en algunos sitios de la mina. El azufre elemental puede comprender partículas de azufre relativamente gruesas, copos o gránulos. Las partículas gruesas de azufre, los copos o los gránulos se pueden usar para proporcionar una tasa de generación de ácido sostenida y
20 relativamente lenta. En una implementación, el azufre elemental se genera biológicamente. Dicho azufre a menudo es altamente reactivo y puede tener propiedades hidrofílicas de superficie, las cuales pueden ser ventajosas al inicio de la lixiviación cuando el consumo de ácido por el mineral es alto. El hecho que las especies microbianas que contienen bio-azufre sean capaces de oxidar el
25 azufre a pH neutro, significa que esta forma de azufre proporciona el beneficio adicional de ser una fuente útil de inoculación microbiana, de nuevo,

particularmente durante la fase temprana de lixiviación cuando el pH de la solución sería relativamente alto.

Preferiblemente, el material que contiene el metal objetivo se forma en
 5 aglomerados que incluyen un compuesto que contiene azufre. Los aglomerados
 adicionalmente pueden incluir un microorganismo azufre-selectivo. El compuesto
 que contiene azufre y el microorganismo azufre-selectivo se aplican a dicho
 material que contiene el metal antes o durante la aglomeración. Alternativamente,
 el compuesto que contiene azufre y el microorganismo azufre-selectivo se pueden
 10 aplicar a dicho material que contiene el metal después de la aglomeración.

Como se señaló previamente, el término "valor presente neto", o NPV, es
 un término bien conocido en el arte y se refiere a la evaluación financiera de los
 proyectos a largo plazo. Este se usa ampliamente como una herramienta
 15 económica para la evaluación de proyectos.

Una formula típica para calcular el NPV es:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

En donde:

20 t - es el tiempo de flujo del efectivo

N - es el tiempo total del proyecto

r - es la tasa de descuento (la tasa de retorno que se podría ganar por la
 inversión en los mercados financieros con similar riesgo)

C_t - es el flujo de efectivo neto (la cantidad de efectivo) en el tiempo t .

En el caso de un proyecto que involucra la lixiviación en pila de un mineral, el NPV tiene en consideración el costo promedio ponderado del capital, la prima de riesgo financiero, el régimen de impuestos, los costos operacionales, los costos de capital, la reserva del mineral a ser tratado, una previsión del precio del metal en el futuro. El NPV, por lo tanto combina todos los factores relevantes del proyecto y específicos de la compañía, para calcular el beneficio económico óptimo en función de las variables más importantes para la lixiviación en pila de minerales que consumen alta cantidad de ácido, i. e. consumo de ácido. La función importante del consumo de ácido se debe al impacto dominante del requerimiento de ácido y sus impactos técnicos asociados sobre el capital y la estructura de costos operacionales de tales proyectos.

En el proceso de la presente invención la etapa (I) (a) comprende normalmente:

- (i) Lixiviar dicho material con uno o más soluciones de lixiviación que tienen un rango de valores pH para producir uno o más lixiviados
- (ii) Medir la concentración del metal objetivo extraído y el consumo de ácido en cada uno de los lixiviados;
- (iii) Determinar la relación entre el consumo de ácido y la concentración del metal objetivo extraído en rango de valores de pH.

Preferiblemente, los ensayos experimentales se hacen de tal manera que el material (generalmente mineral) de interés se somete a una solución de pH controlado y mantenido constantemente. La exposición a esta solución produce la disolución del material que contiene el metal, y por lo tanto la extracción del metal objetivo, junto con cualquier elemento co-extraído, con el consecuente consumo de ácido durante el periodo de lixiviación seleccionado a un tamaño óptimo de

partícula seleccionado. Las múltiples pruebas se hacen cada una a diferentes niveles de pH (o concentración de ácido) y proporcionan los datos de extracción total del metal objetivo (y cualquier elemento co-extraído) en función del consumo total de ácido, con el propósito de permitir la determinación de la relación entre ellos. La variación del pH se puede hacer por tratamiento con varias soluciones de lixiviación, cada una con pH controlado diferente. Alternativamente la variación del pH puede ocurrir en una única solución de lixiviación en la cual el pH se disminuye progresivamente.

10 La etapa (I) (b) utiliza la relación entre la concentración del metal objetivo y el consumo de ácido para evaluar los parámetros de valor. Esto se hace típicamente utilizando los anteriores datos experimentales, y con el conocimiento del procesamiento corriente abajo, así como también los equipos de generación de ácido y sus respectivas implicaciones en el costo del proyecto, determinando el valor presente neto (NPV) de un proyecto de lixiviación en pila. El NPV se puede así calcular como una función del consumo de ácido y de la extracción del metal objetivo y de cualquier elemento co-extraído para un proyecto específico.

La etapa (I) (c) determina el rango de pH óptimo de la solución para la correspondiente lixiviación a un parámetro de valor óptimo, el cual es típicamente un NPV máximo.

Un NPV máximo se puede determinar para un proyecto específico y su comportamiento de extracción metalúrgica. A partir del conjunto de ensayos experimentales descrito recientemente, es posible determinar la concentración de ácido (aplicado constantemente), o el pH al cual se produce un consumo de ácido que corresponde al NPV máximo. Se debe señalar que el NPV máximo no

coincide necesariamente con el punto de máxima extracción del metal objetivo, lo cual se discutirá más adelante.

La tasa de consumo de ácido para un mineral dado está gobernada principalmente por el pH predominante de la solución a la que está expuesto, generalmente se aumenta a niveles de pH más bajo como se representa en la Figura 1. Por el contrario las tasas de generación de ácido vía oxidación microbiana del azufre, en la implementación preferida de la invención, se afectan diferentemente por las condiciones de pH predominantes de la solución. En general la tasa de oxidación del azufre a pH neutro es relativamente baja, luego se incrementa a una tasa máxima a valores de pH moderadamente ácidos (típicamente 1.5-3) luego decae rápidamente de nuevo con la acidez más alta (e. g., pH por debajo de 1). Esta es una generalización y el rango óptimo de generación de ácido está afectado por las especies microbianas específicas que comprenden el consorcio microbiano. La tasa conceptual de generación de ácido y la tasa de consumo de ácido se ilustran en la Figura 2. Es importante señalar que con suficiente azufre disponible para oxidación, y suficiente actividad microbiana, las tasas de generación de ácido se pueden hacer para que excedan las tasas de consumo de ácido a los niveles de pH de la solución, por encima del punto de equilibrio. El pH de la solución por lo tanto continuará disminuyendo hasta alcanzar el pH del punto de equilibrio. En este punto la tasa de generación de ácido es igual a la tasa de consumo y no ocurre ningún cambio inmediato en el pH de la solución.

El logro de tal condición de equilibrio depende primeramente de las propiedades de consumo de ácido por el mineral, las cuales dependen a su vez tanto del paso del tiempo de lixiviación como de la composición química de la

solución de lixiviación. La condición de equilibrio depende secundariamente de la tasa de generación de ácido y de los factores que la influyen. Usualmente, la tasa de generación de ácido en este escenario, es más controlable que las propiedades de la tasa de consumo de ácido, y por lo tanto es la principal palanca
5 utilizada para optimizar las condiciones de lixiviación. En el caso de la generación de ácido por oxidación microbiana del azufre, la generación de ácido depende principalmente de:

- Disponibilidad suficiente de azufre para la oxidación microbiana.
- Las características físicas del azufre. El azufre grueso se puede usar para
10 proporcionar una tasa relativamente baja de generación de ácido. Alternativamente, el bio-azufre proporciona típicamente una generación alta de ácido.
- La actividad microbiana suficiente y las condiciones suplementarias que contribuyen a la tasa de crecimiento de las bacterias que oxidan azufre,
15 que incluyen oxígeno, bióxido de carbono y otros requerimientos nutricionales. Las especies microbianas adecuadas que hacen oxidación de azufre, tanto las bacterianas como las archaeas, se pueden agregar bien sea durante la aglomeración, el apilamiento del mineral, como un aerosol después del apilamiento, o vía la solución de irrigación, como se
20 conoce en el arte.
- Las especies microbianas presentes o introducidas. Las diferentes especies microbianas son activas a diferentes valores de pH óptimo. Por ejemplo, algunas bacterias y archaeas tienen un pH óptimo entre 0 y 1.
- La actividad microbiana de oxidación de azufre también se puede
25 influenciar por la presencia o ausencia de sustancias inhibidoras o agentes amortiguadores.

A partir de la Figura 2, se puede ilustrar que la generación de ácido, particularmente en la fase exponencial del crecimiento microbiano preferiblemente se debe reducir, si el pH predominante de la solución está descendiendo por debajo del pH óptimo para lixiviación. Una tasa de generación de ácido

5 excesivamente alta puede tener varios impactos negativos. Primeramente esto puede producir una solución de pH excesivamente bajo lo que puede dar lugar a los impactos negativos destacados recientemente. En segundo lugar; una tasa de generación de ácido inicial excesivamente alta puede dejar demasiado azufre remanente con el propósito de sostener la condición de pH de equilibrio objetivo,

10 para el periodo total de lixiviación.

La curva de la tasa de consumo de ácido en la Figura 2, representa las condiciones tempranas en las que los minerales de la ganga están más reactivos. Sin embargo, con la lixiviación ácida continuada, la reactividad y por lo tanto la

15 tasa de consumo de ácido del mineral inevitablemente declinarán. Con una declinación de la tasa de consumo de ácido, preferiblemente también se debe reducir la tasa de generación de ácido, con el propósito de evitar que el pH de la solución llegue demasiado bajo.

20 Con la lixiviación ácida homogénea controlada exitosa, se alcanza la lixiviación en el punto del pH de equilibrio objetivo de la manera descrita anteriormente, puede proceder la extracción del metal y proporcionar el beneficio económico óptimo del proyecto.

25 En la etapa (II) del proceso de la invención, la concentración de la solución ácida de lixiviación se controla de tal manera que su pH esta sustancialmente en el rango óptimo de concentración de ácido. Típicamente la concentración de

dicha solución de lixiviación se controla, mediante la generación de ácido *in situ* controlada dentro de la pila y/o mediante el uso de un agente que amortigüe el pH. Preferiblemente, la etapa (II) comprende controlar una concentración de la solución ácida de lixiviación sustancialmente homogénea a lo largo de la altura de la pila.

Cuando la solución ácida de lixiviación es ácido sulfúrico que ha sido generado *in situ*, preferiblemente, la generación *in situ* del ácido sulfúrico se controla por uno o más de los siguientes mecanismos:

- (i) Controlar la oxidación del azufre por regulación de la tasa de distribución de un oxidante en la pila;
- (ii) Controlar la concentración de las sales producidas inherentemente durante dicha lixiviación
- (iii) Controlar la tasa del flujo de irrigación dentro de la pila; y
- (iv) Adicionar un agente amortiguador con un valor de pKa dentro del rango de pH objetivo seleccionado.

En el caso del mecanismo (i), la oxidación del azufre se puede controlar por regulación de la tasa de flujo de un gas oxidante en toda la pila. Típicamente, el gas oxidante es aire. El ajuste de la tasa de flujo se puede hacer en respuesta a los valores medidos de dicho gas oxidante dentro de dicha pila y/o el pH de dicha solución de lixiviación. Típicamente la pila se airea vía un sistema de distribución de aire dentro de o por debajo de la pila. Puesto que la oxidación del azufre es un proceso que consume oxígeno, la restricción de la tasa del flujo de aire tiene un impacto inmediato y fácilmente controlable sobre la generación de ácido. La tasa de flujo de aire a través de la línea se puede ajustar cuando sea necesario. Las medidas de las concentraciones del gas oxígeno dentro de la pila, se pueden usar

en adición a las medidas del pH de la solución con el propósito de monitorear el efecto de flujo de aire restringido.

En el caso del mecanismo (ii), varias especies se pueden formar naturalmente dentro del circuito de lixiviación y se puede permitir que alcancen un nivel que llegue a ser inhibitorio para la oxidación microbiana del azufre. Las sales inhibitorias incluyen preferiblemente una o más de sulfatos y cloruros de magnesio, aluminio y hierro.

La sal más predominante de estas sales inhibitorias en este contexto es el sulfato. El sulfato es particularmente útil en este sentido porque no es tóxico o inhibitorio directamente *per se* sino más bien, causa inhibición gradual a causa de los efectos osmóticos y de la actividad de agua. Cuando las sales inhibitorias son sulfatos, preferiblemente la etapa (ii) comprende regular la concentración de sulfato en el rango de 100 a 180 g/L. Estos rangos de inhibición dependen de la composición de los cationes de balance, con cationes monovalentes (tales como sodio) que causan generalmente una inhibición ligeramente aumentada comparada con la de los cationes divalentes (tales como magnesio). La concentración de sales inhibitorias se puede regular por la gestión de la química de la solución de lixiviación y por los parámetros de recirculación tales como el control de la cantidad de solución fresca de lixiviación agregada al lixiviado, según esta sea recirculada dentro de la pila.

En el caso de la lixiviación en pila de un mineral que contiene níquel y cobalto, las sales inhibitorias, típicamente comprenden sulfatos de magnesio y/o hierro que se forman naturalmente en el circuito de lixiviación, o se pueden derivar corriente abajo, de los lixiviados estériles. Por ejemplo la concentración de Mg en

la solución se puede usar para controlar la tasa de oxidación del S, y por lo tanto la tasa de generación de ácido. Las concentraciones de Mg, típicamente con sulfato como el principal contra-anión empiezan a ser inhibitorias para la oxidación del S en concentraciones solubles por encima de cerca de 15 g/L. Esta inhibición es gradual y solamente puede alcanzar su efecto inhibitorio total en cerca de 30 g/L. Esto proporciona un mecanismo de control muy útil para la oxidación del azufre. La concentración de Mg en solución se puede controlar mediante el manejo de la recirculación de la solución y la dilución con agua fresca. Adicionalmente se puede controlar por técnicas de filtración a través de membrana o por ósmosis inversa.

Otras sales inhibitorias que se pueden usar de manera similar incluyen cloruros, aunque los cloruros tienen un impacto inhibitorio más severo y a concentraciones mucho más bajas que las de los sulfatos, y por lo tanto pueden ser más difíciles de usar como un mecanismo de control en algunas implementaciones. El uso de cloruros también puede ser complicado por el hecho que las bacterias halo-tolerantes pueden tolerar un orden de magnitud de concentración de cloruros más alto que las cepas microbianas usadas comúnmente para la oxidación de sulfuros. En adición, en algunos casos tales cepas resistentes a los cloruros se pueden introducir deliberadamente como un constituyente principal del consorcio de inoculación microbiana, en casos en donde se utiliza agua de proceso alta en cloruros, tal como agua de mar o agua hiper-salina. Varias bacterias halo-tolerantes también pueden oxidar el hierro ferroso, generando su precipitación dentro de la pila. Esto puede reducir ventajosamente la cantidad de hierro que necesita ser procesado corriente abajo. En las soluciones de proceso ricas en cloruro, el ion férrico se pueden precipitar como el mineral akaganeita [FeO (OH, Cl)]. La precipitación de este mineral

también se puede usar como un mecanismo para retirar los cloruros de la solución, en escenarios en donde esto pueda ser deseable.

Otro beneficio derivado del uso de las soluciones ricas en cloruros (a partir de concentraciones de 10 g L^{-1}) es que los cloruros influyen las propiedades de superficie del azufre elemental. Más específicamente la hidrofobicidad del azufre-Claus parece que se reduce, haciendo que el azufre sea más reactivo y más fácilmente oxidado por medios microbianos. Esto se puede utilizar como un medio para superar el prolongado lapso de adaptación al comienzo (lag time) y las lentas tasas de oxidación del azufre en donde pueda ocurrir esto.

Generalmente, los cloruros también tienen un efecto benéfico en el desempeño de la lixiviación de los minerales, y generalmente se conoce en el arte. Se cree que el efecto benéfico de los cloruros se debe parcialmente al impacto del aumento de la actividad de los protones y porque actúan como agente complejante del hierro.

En el caso del mecanismo (iii), el control de la tasa del flujo de irrigación se puede usar bien sea en sí mismo o junto con un control de la tasa de flujo aireación para manejar la temperatura de la pila, la cual a su vez afecta la actividad microbiana. Aumentar la tasa de flujo de uno o de ambos reduce la temperatura de la pila. La tasa del flujo de irrigación también tiene un impacto sobre el contenido predominante de sal dentro de la pila y también se puede usar como un mecanismo de control de esta manera. La tasa del flujo de irrigación se controla típicamente dentro del rango de $6 - 20 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Con el incremento de la temperatura de la pila, generalmente también se aumenta la tasa de lixiviación. Adicionalmente, las temperaturas más altas producen una cantidad más alta de

precipitados de hierro en la pila, lo cual puede minimizar ventajosamente la cantidad de hierro que es necesario eliminar en el procesamiento corriente abajo.

En el caso del mecanismo (iv) el agente amortiguador controla
5 preferiblemente el pH de la solución bien sea por sí mismo, o conjuntamente con otro mecanismo. Los amortiguadores de pH pueden amortiguar típicamente contra fluctuaciones leves de pH. En consecuencia cuando la demanda de ácido es baja, los amortiguadores se pueden usar por ellos mismos sin que sea necesaria la generación de ácido *in situ*. Esto aplicaría en escenarios con bajo consumo de
10 ácido o donde sea económico el uso de grandes cantidades de amortiguadores. Alternativamente, los amortiguadores de pH se pueden usar junto con otro mecanismo en ambientes de alto consumo de ácido.

Ejemplos de agentes amortiguadores que se pueden usar son oxalato/ácido
15 oxálico, especies que contienen fosfato, o cualquier otro amortiguador apropiado con un valor de pKa dentro del rango de pH objetivo para la lixiviación.

La invención se entenderá mejor con referencia a los dibujos acompañantes y al ejemplo no limitante.

20

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una gráfica que muestra la relación general entre el consumo total de ácido de un mineral y el pH de una solución de lixiviación.

25

La Figura 2 es una gráfica que muestra la generación conceptual de ácido y las tasas de consumo en función del pH, y en donde la generación de ácido se hace biogénicamente, generado a partir de la oxidación del azufre.

5 La Figura 3 es una gráfica que muestra la extracción del metal (%) vs. El consumo de ácido (Kg/ton de mineral) para un mineral laterita de níquel y cobalto según se describe en el Ejemplo.

La Figura 4 es la misma gráfica de la Figura 3 que muestra adicionalmente
10 el valor presente neto vs. El consumo de ácido.

La Figura 5 es una gráfica que muestra el consumo de ácido trazado como función del pH para un mineral que contiene níquel y cobalto descrito en el Ejemplo.

15

Ejemplo

El ejemplo concierne a un proyecto que involucra lixiviación en pila de un mineral laterítico utilizando generación *in situ* del ácido. El mineral laterítico que
20 contiene níquel y cobalto de interés, primero se somete a lixiviación experimental utilizando múltiples soluciones de lixiviación, cada una con pH constante diferente. La lixiviación produjo la extracción de los metales incluyendo níquel, hierro, magnesio, manganeso y aluminio. La cantidad de metal extraído por la solución de lixiviación se midió en función del valor de pH. Se trazó el consumo de ácido en
25 función del pH en la Figura 5. También se trazó el porcentaje de extracción de metal para cada metal contra el consumo de ácido en la Figura 3.

Los datos del consumo de ácido, junto con otros parámetros del proyecto que incluyen el costo promedio ponderado del capital, la prima de riesgo financiero, el régimen de impuestos, los costos operacionales, los costos de capital, la reserva del mineral y una previsión de los precios de reactivos y del
5 precio del metal en el futuro, se utilizaron para calcular los valores del valor presente neto del proyecto. Los valores NPV se trazaron contra el consumo de ácido en la Figura 4.

Los valores de la escala para la curva del NPV en la Figura 4, no se
10 muestran puesto que ellos dependen de los protocolos de precio a largo plazo utilizados por la compañía específica que contempla el proyecto. La forma de la curva, y el principio se representan de tal modo que son de mayor relevancia que los valores NPV específicos *per se*.

Usando la Figura 4 se pudo ilustrar que el nivel de consumo de ácido
15 óptimo económicamente a conseguir, no corresponde necesariamente con el máximo que se puede extraer del metal objetivo de interés. Es claro a partir de la Figura 4 que el máximo NPV se alcanza para el proyecto específico, en una extracción de níquel de menos del 60% a pesar del hecho que el máximo de
20 níquel que se puede extraer este por encima del 70%. Sin los datos recogidos de manera experimental como se describió anteriormente, y la posterior modelación técnico-económica, no sería obvio el pH de la solución de operación para el objetivo utilizando técnicas de generación *in situ*.

25 En consecuencia, la Figura 4 muestra que el NPV óptimo para el proyecto corresponde a un consumo total de ácido de aproximadamente 380 kg/ton de mineral. El consumo específico de ácido a su vez fue el resultado de aplicar

constantemente una solución de lixiviación de pH aproximadamente 2, como es evidente de la Figura 5. Por lo tanto, la solución de lixiviación en pila operacional óptima para este proyecto estaba a $\text{pH} = 2$.

- 5 Al tener determinado experimentalmente el pH óptimo de la solución, se puede aplicar este conocimiento al proyecto específico de lixiviación en pila. Sin embargo, se apreciará que el conocimiento del pH óptimo de la solución solamente es de valor si el pH dentro de la pila se puede controlar en ese valor. Adicionar simplemente una solución de lixiviación que tiene un pH de 2 a la parte superior de la pila no es suficiente porque el pH aumentará rápidamente en la medida que solución percole abajo de la pila.

- Típicamente el mineral laterita (tiene un tamaño de partícula de 6 mm que pasan el 100 % o 12.5mm) se mezclaría con azufre en una concentración de 100 – 130 Kg de azufre por tonelada durante la aglomeración. Los microbios que oxidan el azufre, también típicamente se agregarían durante la aglomeración. Esto se puede complementar, si es necesario, mediante otras adiciones posteriores a la solución de lixiviación que se irriga. La pila también debe incluir un sistema de distribución de aireación. La tasa de flujo de aire luego se puede modificar en respuesta a las lecturas de pH.

Los niveles de pH típicamente serían determinados midiendo el pH de la solución madre de lixiviación que sale de la pila, controlándolos contra el pH de la solución de lixiviación irrigada que entra a la pila y ajustando el pH si es necesario.

Cuando los niveles de pH caen por debajo del valor óptimo de 2, se puede disminuir la tasa de flujo de aire y cuando los niveles de pH exceden de 2, se puede aumentar la tasa de flujo de aire.

- 5 Para controlar el pH dentro de la pila de esta manera, el consumo de ácido se puede mantener alrededor de la tasa óptima de 400 Kg/ton, permitiendo que el níquel a ser extraído sea alrededor de 60% en peso.

El proceso de la presente invención no es aplicable a todos los tipos de
10 mineral. Por ejemplo, si la tasa de consumo de ácido por el mineral es demasiado alta, no se alcanzaría la condición convenientemente baja de pH de equilibrio del proceso inventivo. Alternativamente si el pH requerido de la solución para la recuperación óptima es demasiado bajo (i.e. $\ll$ pH 1), este no se puede alcanzar por la oxidación microbiana del azufre. El consumo total de
15 ácido también es importante, e.g. para un mineral específico el tiempo requerido de lixiviación puede ser tan largo que el consumo total de ácido es demasiado alto para cumplir con la cantidad de azufre pre-aglomerado. Típicamente si el consumo total de ácido requerido excede 450 Kg por tonelada sería poco probable que el proceso inventivo, solo, pudiera
20 aplicarse exitosamente al mineral específico. Esto ocurre porque un exceso de 450 Kg de ácido sulfúrico requeriría una cantidad de azufre aglomerado que excede 150 Kg por tonelada de mineral, y porque exceder esta cantidad de azufre aglomerado generalmente puede ser problemático por razones de aglomeración y de estabilidad de la pila.

25

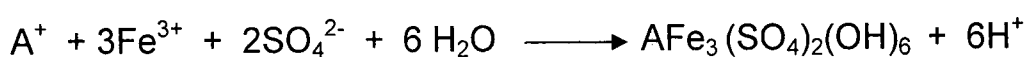
Las principales ventajas del proceso inventivo son:

- El consumo reducido de ácido total, debido a que se mantiene el pH controlado sostenido en toda la altura de la pila a una condición óptima económicamente del de pH de lixiviación, tiene un impacto importante sobre los costos operacionales del proyecto- tanto para la hidrometalurgia extractiva como para los componentes del procesamiento corriente debajo, de un proyecto de lixiviación en pila.
5
- La generación *in situ* del ácido dentro de la pila, permite que se omitan los costos significativos de capital de una planta de generación de ácido de los costos del proyecto de lixiviación en pila.
10
- Las condiciones menos agresivas de la lixiviación ácida, comparadas con las demostradas por la lixiviación ácida en pila tradicional, reducen la pérdida de masa total en la pila a pesar del hecho que obviamente ocurre la pérdida de la masa de azufre. La reducida pérdida de masa, a su vez, reduce el riesgo de la inestabilidad de la pila y los problemas de permeabilidad hidráulica. Adicionalmente, se pueden utilizar técnicas de aglomeración menos agresivas- que permiten reducir significativamente los requerimientos de ácido durante la aglomeración. El requerimiento de ácido durante la aglomeración se tiene que determinar sobre la base de caso por caso pero se requiere la aglomeración estable para el proceso de la invención, la que se ha demostrado con el uso de adiciones de ácido tan bajas como 2 – 5 Kg por tonelada de mineral durante la aglomeración.
15
20
25

- La estabilidad aumentada de la pila facilitada por la invención, permite el uso de pilas más altas comparadas con la altura típica de 4-5 metros de altura, utilizadas para minerales que consumen grandes cantidades de ácido. Las mayores alturas de la pila pueden reducir significativamente el contorno de la pila, la almohadilla de lixiviación, y por lo tanto también los ítems de costos auxiliares de capital, tales como la irrigación, aireación y sistemas de drenaje.
- Las condiciones conducentes a la oxidación microbiana del azufre, también generalmente son conducentes para la oxidación del hierro ferroso. Adicionalmente muchos de las cepas microbianas que pueden oxidar el azufre también tienen la habilidad de oxidar el hierro ferroso. La oxidación del hierro dentro de la pila es un beneficio importante por varias razones. Algunos proyectos de lixiviación en pila que son objetivo, producen una liberación significativa de hierro en el estado ferroso. El hierro, y en particular el hierro ferroso, tiene un impacto significativo sobre el costo de procesamiento corriente abajo, sobre todo en el caso de proyectos de laterita. La oxidación del ion ferroso dentro de la pila mejora la extensión en la cual precipita el hierro y se retiene dentro de la pila. Tal precipitación, ocurre generalmente como jarosita, schwertmannita u otros oxihidróxidos férricos. Esto reduce la cantidad de hierro que reporta a la solución de lixiviación y al circuito de procesamiento corriente abajo. Adicionalmente, los sulfatos férricos que se pueden producir en la pila

son sales inhibitorias que pueden controlar el pH en la pila como se discutió previamente.

- Otro, beneficio importante de la precipitación del hierro de esta manera, es que contribuye con ácido adicional a la solución, como resultado que complementa el ácido producido por la oxidación del azufre. La precipitación de la jarosita se puede inducir por la presencia de cationes tales como sodio. La reacción general para la jarosita (y precipitados relacionados) se da a continuación:



(En donde A representa los cationes tales como K^+ , Na^+ , NH_4^+ , o H_3O^+)

- Se pueden alcanzar temperaturas de pila elevadas dentro la pila, dependiendo de la estrategia impuesta de pérdida de calor empleada para controlar la combinación de la tasa de flujo de aire, la tasa de irrigación y la altura de la pila. Se puede disponer de una cantidad significativa de calor a partir de la oxidación del azufre (i.e. $S^0 + 1.5 O_2 + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$

Produce $\Delta H_j^0 = -606 \text{ KJ mol}^{-1}$).

La temperatura mayor, a su vez, incrementa la cinética de lixiviación de la pila y reduce los períodos de lixiviación. Las temperaturas de la pila aumentadas anticipadas pueden requerir de la inoculación de la pila con cepas microbianas adecuadas para condiciones de temperatura elevada.

- Las temperaturas incrementadas también aumentan significativamente la precipitación de la jarosita, la schwertmannita y minerales similares, con lo que además se incrementa el ácido derivado de esta fuente así como también el beneficio del procesamiento corriente abajo.
5
- La precipitación del hierro como se describe aquí también produce un reporte reducido de sulfato para el circuito de procesamiento corriente abajo. Este es un beneficio importante en los ambientes con alta precipitación pluvial en donde el tratamiento para el sulfato y/o la disposición no se pueden hacer por métodos de evaporación.
10
- La temperatura aumentada de la solución madre de lixiviación que sale de la pila, también produce una reducción en el requerimiento de energía para el procesamiento corriente abajo. Por ejemplo, un proceso típico usado para retirar el hierro de las soluciones madre de lixiviación es el llamado proceso de precipitación de goethita, en el que el hierro férrico se precipita como goethita. Para que esto ocurra, la temperatura de la solución se aumenta típicamente hasta aproximadamente 70 °C a pH 4.5. Este incremento de temperatura requiere típicamente un alto consumo de energía, que se reduce si la temperatura de la solución madre de lixiviación que sale de la pila ya está a un nivel elevado.
15
20

- La oxidación del arsénico a menudo está asociada con la oxidación del ion ferroso y es una característica bien conocida de los sistemas biolixiviados, en donde el arsénico se oxida a arseniato y co-precipita con los oxihidróxidos férricos, evitando así que el arsénico reporte al circuito de procesamiento de la solución corriente abajo. Esta puede ser una característica ventajosa para las aplicaciones de sulfuros de grado bajo que contienen minerales de arsénico en minerales que consumen alto ácido.

La invención descrita en este documento es susceptible de variaciones, modificaciones y/o adiciones diferentes de aquellas descritas específicamente y se entenderá que la invención incluye todas esas variaciones, modificaciones y/o adiciones las cuales caen dentro del espíritu y alcance de la descripción anterior.

15

20

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para la lixiviación de un material que contiene uno o más de los metales objetivo, utilizando una solución ácida de lixiviación para extraer dichos
5 uno o más metales objetivo, dicho método incluye
 - (I) Determinar empíricamente un rango de concentración óptima de ácido para dicha solución ácida de lixiviación, como sigue:
 - (a) Determinar la relación entre la concentración del metal(es) objetivo extraídos y el consumo de ácido en dicha solución de lixiviación,
 - 10 (b) Utilizar dicha relación para evaluar los parámetros de valor para el material que contiene el metal objetivo en función de dicho consumo de ácido, y
 - (c) Determinar dicho rango de concentración óptima de ácido, que es el rango de pH que corresponde a un parámetro de valor óptimo; y
 - 15 (II) Controlar la concentración de dicha solución ácida de lixiviación de tal manera que su pH este sustancialmente en el rango de concentración óptima de ácido en todo el material.
2. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material se lixivia por
20 un proceso de lixiviación en pila.
3. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene el metal se selecciona de minerales, minerales rechazados, concentrados, residuos que contienen metal, y combinaciones de éstos.

4. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene metal es un mineral que consume alta cantidad de ácido, tal como un mineral laterita, preferiblemente un mineral laterita que contiene níquel y cobalto.

5

5. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene metal se selecciona de minerales sulfuro de grado bajo, minerales de transición y minerales supergénicos.

10 6. El método de la reivindicación 1, en donde dicho metal se selecciona de níquel, cobalto, cobre, zinc y uranio.

7. El método de la reivindicación 1, en donde dicha solución ácida de lixiviación se genera *in situ* en la pila, preferiblemente por oxidación
15 microbiana de una material que contiene azufre.

8. El método de la reivindicación 1, en donde dicha solución ácida de lixiviación es ácido sulfúrico.

20 9. El método de la reivindicación 7, en donde dicha oxidación microbiana se efectúa por microorganismos que oxidan el azufre seleccionados del grupo que consiste de *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum species*, *Sulfobacillus*, *Thermosulfidooxidans*, *Sulfolobus brierleyi*, *Sulfolobus acidocaldarius*, *Sulfolobus BC*, *Sulfolobus solfataricus*, *Sulfolobus*
25 *metallicus*, *Thiomicrospora sp.*, *Achromatium sp.*, *Macromonas sp.*, *Thiobacterium sp.*, *Thiospora sp.*, *Thiovulum sp.*, *Acidithiobacillus*, *Acidimicrobium*, *Sulfobacillus*,

Ferrimicrobium, *Acidiphilum*, *Alicyclobacillu*, *Acidianus*, *Metallosphaera*, *Thermoplasma* y mezclas de estos.

10. El método de la reivindicación 7, en donde dichos microorganismos
5 que oxidan azufre incluyen microorganismos halo-tolerantes.

11. El método de la reivindicación 10, en donde los microorganismos halo-tolerantes que oxidan azufre incluyen *Thiobacillus prosperus* sp nov.

10 12. El método de la reivindicación 7, en donde dicho material que contiene azufre se selecciona de azufre elemental, compuestos sulfuro y combinaciones de éstos.

13. El método de la reivindicación 12, en donde dichos compuestos
15 sulfuro incluyen piritita y pirrotita.

14. El método de la reivindicación 12, en donde dicho azufre elemental comprende partículas gruesas de azufre, copos o gránulos.

20 15. El método de la reivindicación 12, en donde dicho azufre elemental se genera biológicamente.

16. El método de la reivindicación 14, en donde dicho azufre elemental es hidrofílico.

17. El método de la reivindicación 1, en donde el parámetro de valor es el valor presente neto (NPV).
18. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa (I) (a) comprende
- 5 (i) Lixiviar dicho material con uno o más soluciones de lixiviación que tienen un rango de valores pH para producir uno o más lixiviados;
- (ii) Medir la concentración del metal extraído en cada lixiviado;
- (iii) Calcular el valor de consumo de ácido que corresponde a cada valor de pH;
- 10 (iv) Determinar la concentración del metal extraído para cada valor de consumo de ácido; y
- (v) Determinar la relación entre el consumo de ácido y la concentración del metal extraído.
- 15 19. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene metal es un mineral de grado bajo o mineral rechazado.
20. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene metal se forma en aglomerados.
- 20 21. El método de la reivindicación 20, en donde dichos aglomerados incluyen un compuesto que contiene azufre.
22. El método de la reivindicación 21, en donde dichos aglomerados
- 25 incluyen además un inoculo microbiano que puede oxidar azufre.

23. El método de la reivindicación 22, en donde dicho compuesto que contiene azufre y dicho inoculo microbiano se aplican a dicho material que contiene metal antes o durante la aglomeración.
- 5 24. El método de la reivindicación 22, en donde dicho compuesto que contiene azufre y dicho inoculo microbiano se aplican a dicho material que contiene metal después de la aglomeración.
- 10 25. El método de la reivindicación 1, en donde dicho rango óptimo de concentración de ácido está entre pH de 0.5 y 2.5.
26. El método de la reivindicación 1, en donde en la etapa (II), la concentración de dicha solución ácida de lixiviación se controla mediante el control de la generación *in situ* del ácido dentro de la pila.
- 15 27. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa (II) comprende controlar una concentración sustancialmente homogénea de la solución ácida de lixiviación en la altura total de la pila.
- 20 28. El método de la reivindicación 27, en donde dicha generación *in situ* del ácido sulfúrico se controla por uno más de los siguientes mecanismos:
- (i) Controlar la oxidación del azufre por regulación de la tasa de distribución de un oxidante en la pila;
 - (ii) Controlar la concentración de las sales inhibitorias producidas
 - 25 inherentemente durante dicha lixiviación
 - (iii) Controlar la tasa del flujo de irrigación dentro de la pila; y

(iv) Adicionar un agente amortiguador de pH.

29. El método de la reivindicación 28, en donde el mecanismo (i) comprende regular la tasa de flujo de un gas oxidante en toda la pila.

5

30. El método de la reivindicación 29, en donde el gas oxidante es aire.

31. El método de la reivindicación 28, en donde el mecanismo (i) comprende ajustar la tasa de flujo de un gas oxidante en toda la pila en
10 respuesta los valores medidos de dicho gas oxidante dentro de dicha pila y/o el pH de dicha solución de lixiviación.

32. El método de la reivindicación 28, en donde en el mecanismo (ii), dichas sales inhibitorias son perjudiciales para la oxidación microbiana del
15 azufre y preferiblemente comprenden una o más de sulfato y cloruro de magnesio.

33. El método de la reivindicación 28, en donde el mecanismo (ii) comprende regular la concentración de sulfato dentro del rango de 100 a
20 180 g/L.

34. El método de la reivindicación 28, en donde el mecanismo (iii) comprende regular la tasa del flujo de irrigación con el propósito de controlar la temperatura de la pila.

25

35. El método de la reivindicación 28, en donde el mecanismo (iii) comprende regular la tasa del flujo de irrigación dentro del rango de 6 a 20 L $m^{-2} h^{-1}$.
- 5 36. El método de la reivindicación 28, en donde el mecanismo (iv) comprende la adición de un agente amortiguador de pH, preferiblemente seleccionado de las especies que contienen oxalato o fosfato.
- 10 37. Un método para la lixiviación en pila de un material que contiene uno más metales objetivo, sustancialmente como se describe en este documento con referencia al Ejemplo.
38. Un método para la lixiviación en pila de un material que contiene uno más metales objetivo, sustancialmente como se describe en este
15 documento con referencia a los dibujos acompañantes.

RESUMEN

Un método para la lixiviación de un material que contiene uno o más metales objetivo usando una solución ácida de lixiviación para extraer dichos uno o más metales objetivo, dicho método incluye: determinar empíricamente un rango de concentración óptima de ácido para dicha solución ácida de lixiviación, como sigue: (a) determinar la relación entre la concentración del metal(es) objetivo extraídos y el consumo de ácido en dicha solución de lixiviación, (b) utilizar dicha relación para evaluar los parámetros de valor para el material que contiene el metal objetivo en función de dicho consumo de ácido, y (c) determinar dicho rango de concentración óptima de ácido, que es el rango de pH que corresponde a un parámetro de valor óptimo; y (II) controlar la concentración de dicha solución ácida de lixiviación de tal manera que su pH este sustancialmente en el rango de concentración óptima de ácido en todo el material.

Figura 1

5

10

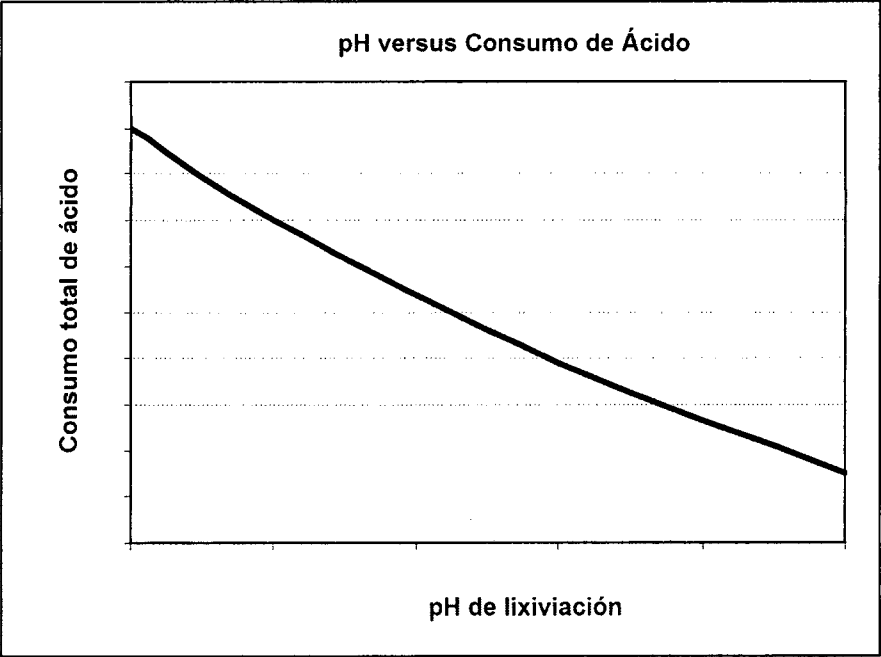


Figura 2

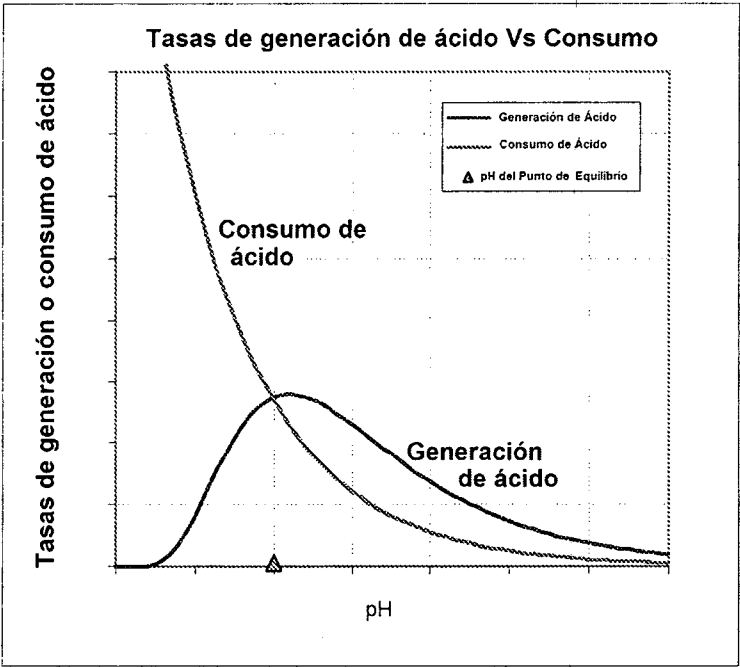


Figura 3

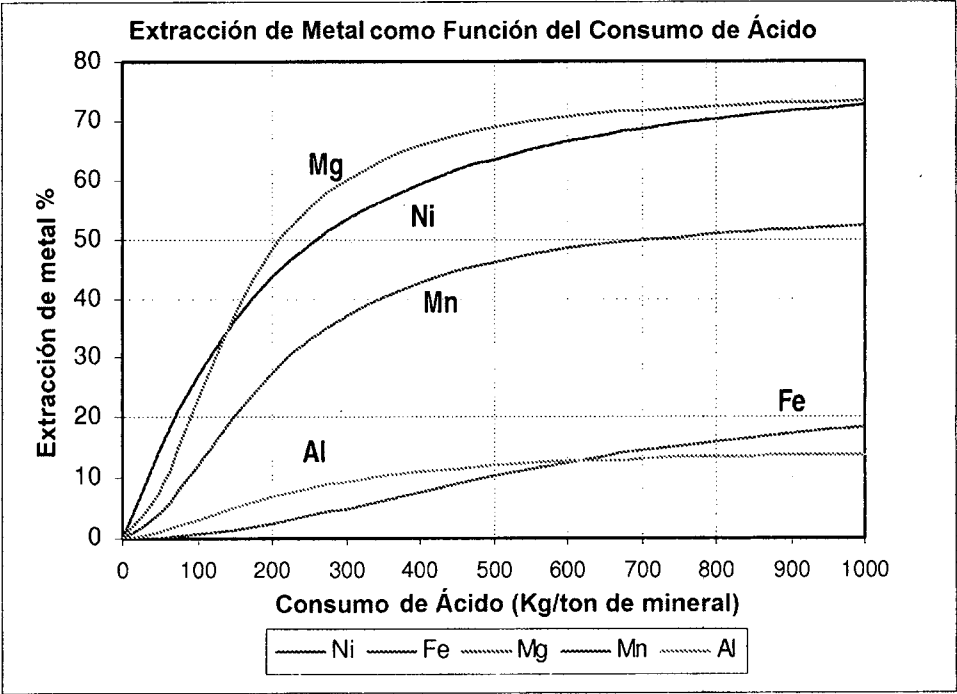


Figura 4

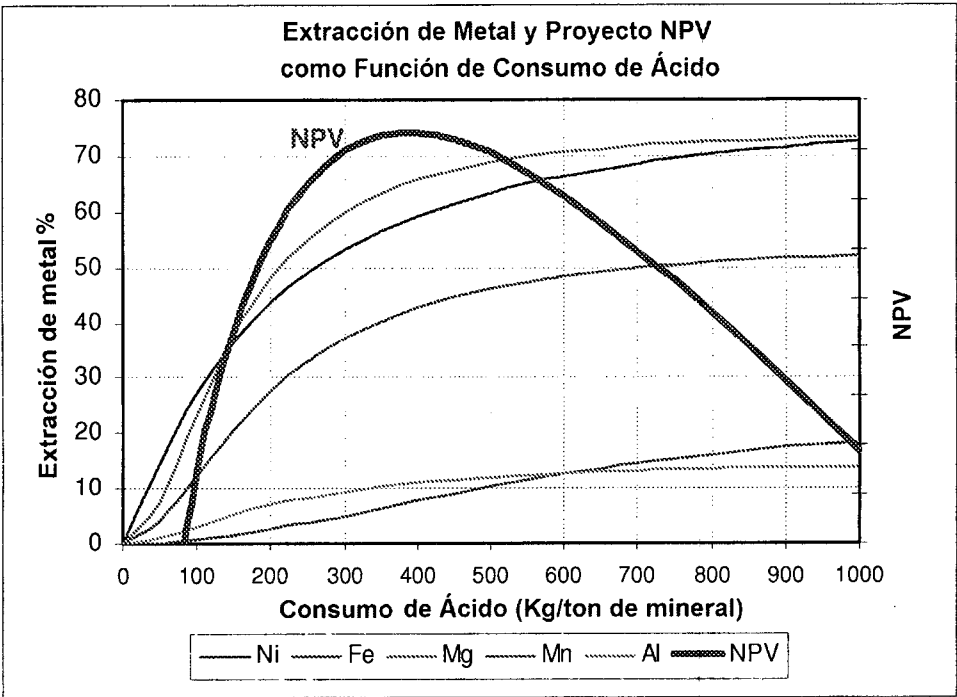
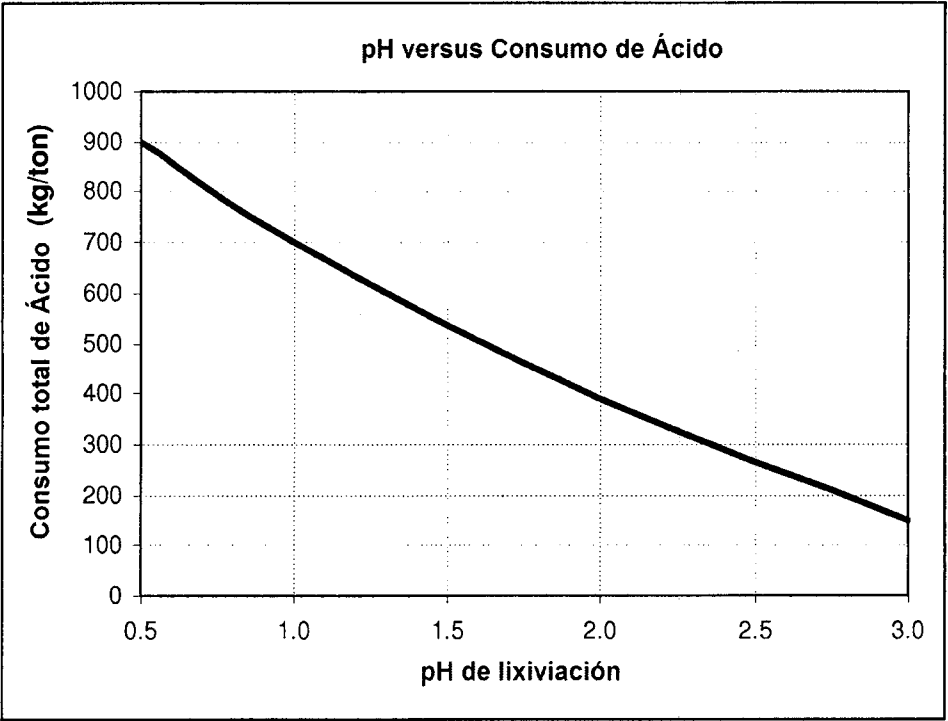


Figura 5





Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

TARJETA ARCHIVO PROPIETARIOS

PATENTE DE INVENCION ____ PCT X MODELO DE UTILIDAD ____ DISEÑO INDUSTRIAL ____

(21) N° de solicitud:

(22) Fecha de solicitud:

(51) Clasificación Internacional :

(71) Solicitante(s) **BHP BILLITON SSM DEVELOPMENT PTY LTD**

(72) Inventor(es) **CHRIS DU PLESSIS**

(74) Apoderado: **DRA. MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO**

(30) Prioridad

(31) No. Prioridad
2008903868

(32) Fecha
29/07/2008

(33) País
AU

(85) Fecha inicio fase nacional:

(87) Publicación internacional

(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT

Fecha: **04/02/2010**

● Fecha de presentación de la solicitud: **29/07/2009**

N° publicación: **WO 2010/012030 A1**

No. de solicitud **PCT/AU2009/000961**

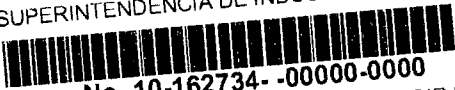
(54) Título: **PROCESO DE LIXIVIACION ACIDA HOMOGenea CONTROLADA**

18 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA		SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIVISION DE NUEVAS CREACIONES EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION PCT	
(21) N° de solicitud: 22) Fecha de solicitud: (30) Prioridad (31) N° Prioridad 2008903868 (32) Fecha 29/07/2008 (33) País AU		(51) Int. Cl.: (71) Solicitante(s) BHP BILLITON SSM DEVELOPMENT PTY LTD. (72) Inventor(es) CHRIS DU PLESSIS (74) Apoderado: MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO	
(85) Fecha limite inicio fase nacional: (86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha de presentación de la solicitud: 29/07/2009 N° de solicitud PCT/AU2009/000961		(87) Publicación internacional Fecha: 04/02/2010 N° publicación: WO 2010/012030 A1	
(54) Titulo: PROCESO DE LIXIVIACION ACIDA HOMOGENEA CONTROLADA			

Reivindicación(es):

1. Un método para la lixiviación de un material que contiene uno o más de los metales objetivo, utilizando una solución ácida de lixiviación para extraer dichos uno o más metales objetivo, dicho método incluye
- (I) Determinar empíricamente un rango de concentración óptima de ácido para dicha solución ácida de lixiviación, como sigue:
- (a) Determinar la relación entre la concentración del metal(es) objetivo extraídos y el consumo de ácido en dicha solución de lixiviación,
- (b) Utilizar dicha relación para evaluar los parámetros de valor para el material que contiene el metal objetivo en función de dicho consumo de ácido, y
- (c) Determinar dicho rango de concentración óptima de ácido, que es el rango de pH que corresponde a un parámetro de valor óptimo; y
- (II) Controlar la concentración de dicha solución ácida de lixiviación de tal manera que su pH este sustancialmente en el rango de concentración óptima de ácido en todo el material.
2. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material se lixivia por un proceso de lixiviación en pila.
3. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene el metal se selecciona de minerales, minerales rechazados, concentrados, residuos que contienen metal, y combinaciones de éstos.
4. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene metal es un mineral que consume alta cantidad de ácido, tal como un mineral laterita, preferiblemente un mineral laterita que contiene níquel y cobalto.
5. El método de la reivindicación 1, en donde dicho material que contiene metal se selecciona de minerales sulfuro de grado bajo, minerales de transición y minerales supergénicos.
6. El método de la reivindicación 1, en donde dicho metal se selecciona de níquel, cobalto, cobre, zinc y uranio.

7. El método de la reivindicación 1, en donde dicha solución ácida de lixiviación se genera *in situ* en la pila, preferiblemente por oxidación microbiana de una material que contiene azufre.
8. El método de la reivindicación 1, en donde dicha solución ácida de lixiviación es ácido sulfúrico.
9. El método de la reivindicación 7, en donde dicha oxidación microbiana se efectúa por microorganismos que oxidan el azufre seleccionados del grupo que consiste de *Thiobacillus thiooxidans*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum species*, *Sulfobacillus*, *Thermosulfidooxidans*, *Sulfolobus brierleyi*, *Sulfolobus acidocaldarius*, *Sulfolobus BC*, *Sulfolobus solfataricus*, *Sulfolobus metallicus*, *Thiomicrospora sp.*, *Achromatium sp.*, *Macromonas sp.*, *Thiobacterium sp.*, *Thiospora sp.*, *Thiovulum sp.*, *Acidithiobacillus*, *Acidimicrobium*, *Sulfobacillus*, *Ferrimicrobium*, *Acidiphilum*, *Alicyclobacillus*, *Acidianus*, *Metallosphaera*, *Thermoplasma* y mezclas de estos.
10. El método de la reivindicación 7, en donde dichos microorganismos que oxidan azufre incluyen microorganismos halo-tolerantes.
11. El método de la reivindicación 10, en donde los microorganismos halo-tolerantes que oxidan azufre incluyen *Thiobacillus prosperus* sp nov.
12. El método de la reivindicación 7, en donde dicho material que contiene azufre se selecciona de azufre elemental, compuestos sulfuro y combinaciones de éstos.
13. El método de la reivindicación 12, en donde dichos compuestos sulfuro incluyen pirita y pirrotita.
14. El método de la reivindicación 12, en donde dicho azufre elemental comprende partículas gruesas de azufre, copos o gránulos.
15. El método de la reivindicación 12, en donde dicho azufre elemental se genera biológicamente.
16. El método de la reivindicación 14, en donde dicho azufre elemental es hidrofílico.
17. El método de la reivindicación 1, en donde el parámetro de valor es el valor presente neto (NPV).
- ...



No. 10-162734- -00000-0000

Fecha: 2010-12-27 14:02:08
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 82



LISTA DE CHEQUEO
ADMISION A TRAMITE - NUEVAS CREACIONES

PATENTE DE INVENCIÓN ☐ MODELO DE UTILIDAD ☐ Art. 33 Decisión 486/00

- ☐ Indicación que se solicita una patente
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Descripción de la invención
 - ☐ Dibujos de ser estos pertinentes
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
- Completa ☐ Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCIÓN PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art. 33 Decisión 486/00
Circular Única

- ☒ Indicación que se solicita una PCT
 - ☒ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☒ Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
 - ☐ Dibujos de ser estos pertinentes
 - ☒ Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
- Completa ☒ Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐ (Art. 119 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita diseño industrial
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Representación gráfica y fotográfica del Diseño Industrial o muestra del material que incorpora el diseño
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐ (Art. 92 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita un esquema de trazado
 - ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
 - ☐ Representación gráfica de un esquema de trazado
 - ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐



Bogotá D.C.,
2020

Doctor(a)
MARGARITA CASTELLANOS ABONDANO
Apoderado(a) y/o Representante de
BHP BILLITON SSM DEVELOPMENT PTY LTD

REFERENCIA	Radicación No.	10 162734
	Solicitud internacional	PCT/AU2009/000961
	Fecha inicio fase nacional	28/02/2011
	Trámite	11
	Evento	378
	Actuación	430
	Oficio No.	

205807

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, artículo 27 del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT), regla 51 bis del Reglamento y Circular Única de la Superintendencia de Industria y Comercio, se le comunica que:

1. La solicitud no contiene la copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente del inventor al solicitante o a su causante, conforme a lo establecido por el artículo 26 literal k) de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina. Cuando se trate de documentos otorgados en el extranjero, estos deberán legalizarse de conformidad con lo dispuesto por los artículos 259 y 260 del Código de Procedimiento Civil. Cuando se trate de las declaraciones a que hace referencia la Regla 4.17 ii) del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes PCT., el alcance de las tales declaraciones se determinará según indiquen claramente una cesión de derechos del inventor al solicitante o su causante, de conformidad con lo dispuesto en el numeral 5.2.15 del Capítulo Quinto, Título X de la Circular Única de Superintendencia de Industria y Comercio.

En cumplimiento de lo dispuesto por el artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

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 No.10 de 2001.

JOSE LUIS SALAZAR LOPEZ
Director de Nuevas Creaciones (c)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha
adpa11

31 MAR. 2011