

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 678**

51 Int. Cl.:

C22B 3/12 (2006.01)

C22B 1/11 (2006.01)

C22B 11/00 (2006.01)

C22B 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2014 PCT/AU2014/050297**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15058257**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2014 E 14856763 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3060689**

54 Título: **Lixiviación de minerales**

30 Prioridad:

21.10.2013 AU 2013904052

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.06.2020

73 Titular/es:

**GLENCORE TECHNOLOGY PTY LTD. (100.0%)
160 Ann Street, Level 10
Brisbane, Queensland 4000, AU**

72 Inventor/es:

**HOURN, MICHAEL MATTHEW;
MALLAH, DANIEL;
VOIGT, PAUL y
TURNER, DUNCAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 765 678 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lixiviación de minerales

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método para procesar una composición mineral.

10 **Técnica antecedente**

Se podrá comprender claramente que, si se hace referencia en el presente documento a una publicación de la técnica anterior, dicha referencia no constituye una admisión de que la publicación forme parte del conocimiento general común en la técnica en Australia, ni en ningún otro país.

15 El oro se extrae generalmente de los minerales que contienen oro a través de un tratamiento con solución de cianuro, que solubiliza el oro. Sin embargo, en algunos minerales, el oro está presente como micropartículas encapsuladas dentro del mineral. El oro en dichos minerales no se puede extraer a través de las técnicas de cianuración tradicionales. Estos tipos de minerales se conocen como minerales refractarios y son normalmente minerales de sulfuro y/o carbonáceos. Estos minerales pueden contener también, además de los sulfuros, otros compuestos de otros elementos del Grupo VIA como selenio y telurio y elementos del Grupo VA como Sb y Bi.

20 Para extraer el oro de los minerales de sulfuro refractarios, se debe tratar primero el mineral para liberar el oro de tal manera que quede accesible para la lixiviación de cianuro. Normalmente, se trata un mineral refractario oxidando el mineral, lo cual da como resultado la destrucción química del componente refractario del mineral, liberando los metales preciosos para su posterior recuperación. Los métodos de oxidación de minerales refractarios conocidos incluyen el tostado, la lixiviación asistida por bacterias y la lixiviación del mineral a temperaturas y presión elevadas en condiciones ácidas.

25 Se conoce la lixiviación de níquel y cobalto en condiciones alcalinas utilizando sales de amoníaco/amonio. Sin embargo, una importante desventaja de la lixiviación alcalina es que cuando se oxidan los minerales que contienen hierro y arsénico, como puedan ser piritas y arsenopirita, precipita el hierro y el arsénico lixiviado como una capa rica en óxido y/o sulfuro, pasiva, sobre la partícula de mineral. Dicha capa inhibe una posterior oxidación siendo el resultado que el grado de lixiviación en condiciones alcalinas es menor que en condiciones ácidas. Esto se traduce en una menor recuperación de metales preciosos.

30 A esto se suma además que la lixiviación alcalina de materiales refractarios requiere una presión y temperaturas elevadas y que se produzca un oxidante para la lixiviación. Sin embargo, incluso en condiciones alcalinas agresivas, la recuperación de metales preciosos suele ser inferior a la de la lixiviación ácida. Además, los metales base, como cobre y zinc, son insolubles a un pH alto. Siendo así, la lixiviación alcalina no es adecuada para lixiviar minerales o concentrados en donde se requiere la recuperación de los metales base a partir de sulfuros de metal base, como calcocita, esfalerita o calcopirita. Por estas razones, el interés comercial y académico se ha dirigido hacia la lixiviación ácida.

35 La mayoría de la literatura referente a la lixiviación alcalina se refiere al uso de álcalis solubles en agua, como hidróxido de sodio o potasio y amoníaco. Una desventaja de estos reactivos es que el hierro precipita principalmente como jarosita. La jarosita inhibe la recuperación de oro y es también un residuo inaceptable desde el punto de vista medioambiental. Asimismo, los reactivos de hidróxido y, en particular, hidróxido sódico, son prohibitivamente caros.

40 Se ha propuesto el uso de álcalis más baratos como cal. Sin embargo, hasta la fecha, la lixiviación de materiales de sulfuro de hierro con cal ha resultado infructuosa ya que la lixiviación es incompleta y la consiguiente recuperación de metal precioso es baja. Por ejemplo, un estudio anterior de la oxidación alcalina de pirita para la recuperación de oro utilizando cal consiguió únicamente de 30 a 40 % de recuperación de oro, lo cual ofrece una escasa mejora con respecto a la cianuración directa de la pirita. Se cree que esto se debe a la pasivación del mineral por precipitación de una capa de yeso/ óxido de hierro.

45 La caliza es otro álcali relativamente económico. La caliza se utiliza normalmente en la neutralización de lixiviados ácidos. Sin embargo, la caliza se considera insuficientemente reactiva y/o soluble en sistemas alcalinos como para poderse utilizar para lixiviación alcalina.

50 Tal como se ha mencionado, se sabe que la tasa de oxidación en condiciones ácidas puede aumentarse mediante una fina molienda para aumentar el área superficial de las partículas de mineral. Dicho aumento puede predecirse dado que existe un área superficial mayor expuesta a los agentes de oxidación. Sin embargo, en el sistema alcalino, este efecto se reduce sustancialmente en vista de la formación de la capa rica en óxido y/o sulfuro pasiva sobre las partículas. Se cree que los factores que determinan la tasa en los sistemas alcalinos están relacionados con la formación de la capa rica en óxido y/o sulfuro de pasivación y la difusión de reactivos a través de la capa. Por lo tanto, las personas que trabajan en este campo se han concentrado en aumentar el alcance de la lixiviación alcalina

utilizando álcalis fuertes y solubles modificando las condiciones de lixiviación para reducir al mínimo la formación de la capa pasiva y/o influir en la tasa de difusión a través de la capa.

5 Un estudio señala la lixiviación a temperaturas más altas y con soluciones de reactivos relativamente concentradas. La razón de ello es producir rápidamente una capa pasiva que es inestable y está sujeta a craqueo. Se cree que a temperaturas más bajas, las capas crecen más lentamente y son más estables. Otra indicación ha sido el uso de aditivos que puedan reaccionar para disolver la capa o hacer la capa más permeable.

10 En la patente australiana número 744356 (que corresponde a la patente estadounidense número 6833021), se divulga un método de procesamiento de una composición mineral que comprende un material refractario. El método comprende la molienda de la composición a un tamaño de partícula de P_{80} de menos de 25 μm y la lixiviación de la composición con una solución que comprende cal y/o caliza en presencia de un gas que contiene oxígeno. Las condiciones específicas divulgadas en esta patente para el procesamiento de la composición mineral incluyen llevar a cabo la etapa de lixiviación a un pH de 6 a 12, o preferentemente de 6 a 9. Los ejemplos dados en esta patente utilizan un pH de 8, 9 o 10 en la etapa de lixiviación. El material alcalino añadido en la etapa de lixiviación de los ejemplos de esta patente comprende cal o una mezcla de cal y caliza. El método se describe como útil para recuperar metales preciosos a partir de una composición mineral que comprende un material refractario. El método de esta patente se describe como útil para tratar composiciones de mineral que incluyen pirita y arsenopirita. El documento WO 2004/042094 A1 divulga un proceso para reducir el consumo de cianuro en la recuperación de oro a partir de minerales y concentrados de sulfuro finalmente molidos.

Sumario de la invención

25 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para tratar una composición mineral que contiene arsénico o compuestos de arsénico que da como resultado una recuperación mejorada de los minerales deseados.

30 De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para tratar una composición mineral que contiene hierro, arsénico u otros compuestos del Grupo VA que comprende la molienda de la composición mineral a un tamaño de partícula de P_{80} de menos de 25 μm y la lixiviación de dicha composición mineral en presencia de cal y/o caliza y un agente complejante de álcali soluble y en presencia de un gas que contiene oxígeno, a un pH en el intervalo de 3,5 a 6.

35 En una realización, en el método de la presente invención, está presente durante la lixiviación un agente complejante que forma un complejo soluble con hierro, arsénico u otros compuestos del Grupo VA. El agente complejante puede ser un agente complejante de álcali soluble.

40 A lo largo de la presente memoria descriptiva, el término "agente complejante de álcali soluble" se emplea para referirse a un compuesto alcalino soluble que puede formar un complejo con arsénico u otro elemento o compuesto del grupo VA. El complejo puede comprender un complejo de corta vida que puede migrar posteriormente desde la superficie de reacción y precipitar después.

45 En algunas realizaciones del método de la presente invención, está presente caliza en la etapa de lixiviación. No es necesario añadir cal para obtener una lixiviación satisfactoria. Resulta en cierto modo sorprendente, ya que según el conocimiento convencional la caliza produce condiciones de lixiviación que son demasiado suaves para lixiviar eficazmente la composición mineral.

50 En algunas realizaciones de la presente invención, la etapa de lixiviación se opera a un pH de 3,5 a 6. El pH se controla para aumentar al máximo la solubilidad del complejo soluble. En algunas realizaciones, la etapa de lixiviación se lleva a cabo a un pH de 4,0 a 6, más preferentemente, de 4,4 a 6, incluso más preferentemente de 4,4 a 5,5, incluso más preferentemente aún, de 4,4 a 5,8, o aproximadamente 4,4 o aproximadamente 4,8 o aproximadamente 5,5. En otras realizaciones, la etapa de lixiviación se opera a una serie de pH puntuales establecidos secuenciales, como por ejemplo, con una lixiviación operada inicialmente a un pH de 3,5, a continuación, a un pH 4, a continuación a un pH 6. La secuencia de pH puntuales secuenciales puede seleccionarse a partir de los valores de pH en el intervalo entre 3,5 y 6.

55 En realizaciones en donde se añade caliza, la adición de caliza se controla de tal modo que el pH entre dentro de los intervalos que se han especificado.

60 Los agentes complejantes deberán ser normalmente álcalis solubles, como hidróxido o carbonato de sodio, potasio, magnesio o amonio; u otras formas de carbonato o hidróxido solubles, junto con el gas de dióxido de carbono.

65 En algunas realizaciones, el método de la presente invención se utiliza para tratar composiciones minerales que llevan oro refractario que incluyen también arsénico y compuestos de arsénico. La composición mineral puede contener también hierro. En la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones, la expresión "material refractario" incluye sulfuros refractarios como pirita en los que están encapsulados metales preciosos, minerales que contienen material carbonáceo y materiales de telururo y seleniuro. En la presente memoria descriptiva y en las

reivindicaciones, el uso del término "mineral" incluye no solamente el mineral en sí, sino que también incluye concentrados, lodos, residuos flotantes, suciedad y material residual que pueda tener una cantidad recuperable de valores de metal preciso. Material carbonáceo se refiere a materiales que tienen una fracción de carbono orgánica que puede incluir grafito, material bituminoso o parcialmente bituminoso.

5 Otros materiales que contienen hierros menores o que no contienen hierro pueden estar presentes también en la composición, entre cuyos ejemplos se incluyen estibnita, tetrahedrita, argentopirita, calaverita, altaita, seleniuros que llevan oro, tenanitita y pentlandita. El método de la presente invención se puede aplicar también a una composición que incluye materia carbonácea, en donde la materia carbonácea podría interferir de otro modo con el proceso de
10 recuperación de metales preciosos. Convenientemente, la composición no incluye cantidades económicas de sulfuros de metal base que contiene cobre o zinc.

El método de la presente invención se refiere en particular al tratamiento de materiales refractarios que contienen metales preciosos como oro, plata y platino. Convenientemente, los materiales refractarios están en forma de
15 concentrados de flotación, si bien el método es adecuado para minerales si es favorable desde el punto de vista económico.

En el método de la presente invención, se muele finamente la composición a un tamaño de partícula de 80 % en masa que pasa menos de 25 μm . Un tamaño de partícula típico está entre 80 % que pasa 2-25 μm y
20 preferentemente entre aproximadamente 80 % que pasa 2-15 μm .

Un aparato preferente para producir material molido finalmente es un molino de bolas en agitación o un molino en agitación de eje horizontal. Sin embargo, se podrá apreciar que es posible utilizar otros tipos diversos de aparatos de
25 trituración adecuados.

El método de la presente invención se puede llevar a cabo a presión ambiente. Esto evita el uso de reactores a presión caros y un equipo de autoclave. La temperatura de operación preferente en la etapa de lixiviación está comprendida entre aproximadamente 50 °C hasta el punto de ebullición de la mezcla. Normalmente, la temperatura
30 máxima es aproximadamente 98 °C.

Dado que la presente invención se puede operar a presión ambiente, no es necesario llevar a cabo la etapa de lixiviación en caros vasos de presión. De hecho, en algunas realizaciones, la reacción de lixiviación se puede llevar a cabo en reactores de tanque abiertos. El exceso de calor se puede eliminar por evaporación de la solución. Esto evita la necesidad de costosos intercambiadores de calor. Si es necesario, se puede introducir calor fácilmente a
35 través de métodos como inyección de vapor.

La reacción de lixiviación se lleva a cabo en presencia de un gas que contiene oxígeno. Cuando se lleva a cabo la reacción a presión ambiente, se introduce normalmente el gas por rociado. El gas puede ser oxígeno, aire o aire enriquecido con oxígeno. El flujo de gas depende de la cantidad de oxígeno requerida para sostener la reacción de
40 lixiviación.

Una vez lixiviada la composición, se puede tratar adicionalmente la mezcla a través de métodos conocidos para recuperar metales preciosos, principalmente, por lixiviación con cianuro. Si se desea, se puede espesar la suspensión espesa antes de la lixiviación con cianuro.
45

Los autores de la presente invención han observado de manera sorprendente ahora que las composiciones de mineral que contienen arsénico e incluso composiciones de mineral refractario que contienen arsénico o elementos del Grupo VA se pueden tratar con mayor éxito llevando a cabo una etapa de lixiviación a un pH comprendido entre 3,5 y 6 en presencia de un gas que contiene oxígeno. Si pretender vincularse a teoría alguna, los autores de la presente invención creen que llevar a cabo un proceso similar al proceso de la presente invención en composiciones minerales que contienen cantidades apreciables de arsénico o compuestos que contienen arsénico u otros compuestos o elementos del Grupo VA utilizando un licor de lixiviación que contiene gas con contenido en oxígeno y material alcalino a un pH superior 6 da como resultado rápidamente compuestos de arsénico o compuestos del Grupo VA que pasivan la superficie de las partículas de mineral. En contraposición, la operación del proceso a un pH de 3,5 a 6, más preferentemente de 3,5 a 5, sin el uso de un agente complejante, como pueda ser un álcali de sodio soluble u otro material de álcali soluble, da como resultado la formación de un producto intermedio de arsénico o del Grupo VA soluble que migra desde el mineral de lixiviación y precipita desde la solución saliendo del mineral. Esto reduce o impide la pasivación de la superficie del mineral. Se cree que los productos intermedios que contienen arsénico permanecen relativamente solubles cerca de la superficie del mineral a un pH de 3,5 a 5-6 antes de migrar y precipitar en la solución o suspensión espesa en masa. En algunas realizaciones, la adición de un agente complejante que forma un complejo con los productos intermedios de arsénico y del Grupo VA solubles ayuda a mantener el arsénico en solución durante más tiempo, permitiendo más tiempo para que los productos intermedios solubles salgan de las partículas del mineral antes de la precipitación.
50
55
60

65 Cualquiera de las características descritas en el presente documento se puede combinar en cualquier combinación con una cualquiera o más de las demás características descritas en el presente documento dentro del alcance de la

invención.

La referencia a cualquier técnica anterior en la presente memoria descriptiva no es ni se considerará como el reconocimiento o cualquier forma de indicación de que la técnica anterior forma parte del conocimiento general común.

Ejemplos

Ejemplo 1 – Concentrado refractario de Armenia

Se utilizó una muestra de concentrado de sulfuro refractario de la siguiente composición como pieza de ensayo.

Arsénico %	4,5
Antimonio %	0,5
Hierro - %	22
Sulfuro - %	22
Au - g/t	55
Ag - g/t	57
Te - g/t	155

Se llevó a cabo un análisis micrográfico de la muestra de concentrado para identificar el comportamiento de oro principal y se resume a continuación:

ORO LIBRE /CIANURABLE	48,2
ORO ENCLAVADO EN TELURURO	5,25
ORO ENCLAVADO EN CARBONATO	3,36
MINERAL ARSÉNICO (ARSENOPIRITA)	42,21
MINERAL DE SULFURO PIRÍTICO	0,6
SILICATO (GANGA) ENCAPSULADO	0,3

La mayor parte del oro dentro de la muestra estaba alojada en fases de sulfuro arsénico.

A continuación, se molió la muestra en un molino de bolas en agitación horizontal a un 80 % de tamaño de paso de 11,5 micrómetros.

A continuación, se llevó a cabo una serie de ensayos sobre la muestra en el siguiente conjunto de condiciones:

Prueba No.	pH de control	Temperatura (°C)	duración (h)	Nivel de oxidación de sulfuro %	Adición de NaOH (kg/ton)	Adición de CaCO ₃ (kg/ton)
1	5,5	95	48	87,6	0	181
2	5,5	95	48	95,8	10	176
3	5,5	95	48	73,4	15	128
4	5,5	95	48	77,8	20	132

El nivel de hidróxido sódico varió en todas las pruebas para mejorar la oxidación selectiva de las fases de sulfuro de arsénico.

Se añadieron hidróxido sódico y caliza progresivamente a todas las pruebas para controlar el pH en el punto establecido requerido. Una vez completadas las pruebas, se filtró la suspensión espesa oxidada.

Se volvió a formar la suspensión espesa de la torta de filtro de cada prueba de oxidación en agua del grifo a un nivel de 40 % de sólidos y después se lixivió durante 24 horas en 500 ppm de solución NaCN, manteniendo el pH a 10 utilizando cal hidratada. Se añadió carbón activado al comienzo de la prueba. Una vez completada la prueba, se filtró suspensión espesa de lixiviación con cianuro y se analizaron las fases de torta de filtro final, la solución y el carbono en cuanto al oro y plata para determinar la recuperación.

En la tabla 2 a continuación, se muestran los resultados de la pieza de ensayo:

Tabla 2 – Resultados de la pieza de ensayo – Concentrado refractario de Armenia

ID de prueba	Recuperación de Au %
1	88,9
2	93,1
3	95,0
4	95,5

La adición del álcali sódico a las pruebas 2-4 dio como resultado una recuperación de oro superior desde el residuo oxidado, debido a una mejor oxidación de las fases de oro ricas en arsénico. Estas recuperaciones de oro mejorados también se consiguieron con niveles globales de oxidación de sulfuro.

5 Ejemplo 2 – Concentrado refractario de América Central

Se utilizó un concentrado de sulfuro refractario con la siguiente composición como pieza de ensayo:

10	Arsénico %	11,02
	Hierro - %	38,4
	Sulfuro - %	36,8
	Au - g/t	32
15	Ag - g/t	61

La muestra consistió predominantemente en arsenopirita y pirita. Se molió la muestra en un molino de perlas en agitación horizontal hasta un 80 % de tamaño de paso de 9,7 micrómetros.

20 A continuación, se llevaron a cabo dos pruebas en la misma muestra a distintos niveles de pH de control. Se analizaron los niveles de pH de 5,2 y 5,5. La solubilidad de arsénico, si bien está muy por debajo de todo su intervalo de pH, es marginalmente superior a un pH de 5,2 en relación con 5,5, y por tanto se esperó que la mejor formación de complejo con arsénico y la migración del complejo de arsénico desde la superficie de lixiviación a un pH inferior se tradujera en una mejor tasa de oxidación global. Las condiciones de las dos pruebas se describen a continuación:

Prueba No.	pH de control	Temperatura (°C)	duración (h)	Nivel de oxidación de sulfuro %	Adición de NaOH (kg/ton)	Adición de CaCO ₃ (kg/ton)
1	5,5	95	48	41	61	346
2	5,2	95	50	62	90	790

25 Se añadieron hidróxido sódico y caliza progresivamente a todas las pruebas para controlar el pH en el punto establecido requerido. La reducción del pH a 5,2 desde 5,5 – 6 dio como resultado un aumento del 50 % de la tasa de oxidación de los minerales de sulfuro.

30 Una vez completadas las pruebas, se filtró la suspensión espesa oxidada.

35 Se volvió a formar la suspensión espesa de la torta de filtro de cada prueba de oxidación en agua del grifo a un nivel de 40 % de sólidos y después se lixivió durante 24 horas en 500 ppm de solución NaCN, manteniendo el pH a 10 utilizando cal hidratada. Se añadió carbón activado al comienzo de la prueba. Una vez completada la prueba, se filtró suspensión espesa de lixiviación con cianuro y se analizaron las fases de la torta de filtro final, la solución y el carbono en cuanto al oro y plata para determinar la recuperación.

En la tabla 2 a continuación, se muestra un resumen de los resultados de la pieza de ensayo:

40

ID de prueba	Recuperación de Au %	Recuperación de Ag %
1	90,8	92,9
2	90,9	97,7

45 La fase arsénica que se forme y precipite en la superficie del mineral de lixiviación será escorodita en las condiciones de lixiviación empleadas. Los datos de solubilidad de escorodita en el intervalo de pH analizado han sido notificados. [P. M. Dove and J. D. Rimstidt. Am. Miner. 70, 838-844 (1985)]. En los dos intervalos de pH, se espera que las solubilidades de arsénico sean:

pH 5,2 = 0,8 mmoles/l
pH 5,5 = 0,1 mmoles/l

50 El control del pH en la Prueba 2 a un nivel en donde la solubilidad del arsénico, si bien todavía muy baja, fue optimizada, dio como resultado un aumento del 50 % de la tasa de oxidación dentro de la prueba de lixiviación oxidante.

55 Ejemplo 3 – Concentrado refractario de Méjico

Se utilizó una muestra de concentrado de sulfuro refractario con la siguiente composición, como pieza de ensayo:

ES 2 765 678 T3

Arsénico %	14,4
Hierro - %	37,1
Sulfuro - %	33,2
Au - g/t	18,4
Ag - g/t	18,2

La mayor parte del oro dentro de la muestra estaba alojado en arsenopirita.

A continuación, se molió la muestra en un molino de bolas en agitación horizontal a un 80% del tamaño de paso de 10 micrómetros.

A continuación, se llevó a cabo una serie de pruebas en la muestra en el siguiente conjunto de condiciones.

Prueba No.	pH de control	Temperatura (°C)	duración (h)	Nivel de oxidación de sulfuro %	Adición de NaOH (kg/ton)	Adición de CaCO ₃ (kg/ton)
1 (8)	5,5	95	51	39	0	107
2 (1)	5,5	95	49	65	49	179
3 (4)	5,5	95	48	52	96	106

Se volvió a variar el nivel de adición de hidróxido sódico para las tres pruebas para mejorar la oxidación selectiva de las fases de sulfuro arsénico.

Se añadieron hidróxido sódico y caliza progresivamente a todas las pruebas para controlar el pH en el punto establecido requerido. Una vez completadas las pruebas, se filtró la suspensión espesa oxidada.

Se volvió a formar la suspensión espesa de la torta de filtro de cada prueba de oxidación en agua del grifo a un nivel de 40 % de sólidos y después se lixivió durante 24 horas en 500 ppm de solución NaCN, manteniendo el pH a 10 utilizando cal hidratada. Se añadió carbón activado al comienzo de la prueba. Una vez completada la prueba, se filtró suspensión espesa de lixiviación con cianuro y se analizaron las fases de la torta de filtro final, la solución y el carbono en cuanto al oro y plata para determinar la recuperación.

En la tabla 2 a continuación, se muestra un resumen de los resultados de la pieza de ensayo:

Tabla 2 – Resultados de la pieza de ensayo – Concentrado refractario de Méjico

ID de prueba	Recuperación de Au %
1	48,6
2	83,6
3	84

La adición de álcali sódico a las pruebas 2 y 3 volvió a dar como resultado una recuperación de oro superior a partir del residuo oxidado, debido a la mejor oxidación de las fases de oro ricas en arsénico.

Ejemplo 4 – Concentrado refractario de Nueva Zelanda

Se utilizó una muestra de concentrado de sulfuro refractario con la siguiente composición como pieza de ensayo:

Arsénico %	11,3
Hierro - %	27,0
Sulfuro - %	24,2
Au - g/t	56,9
Ag - g/t	2,0

La muestra consistió predominantemente en arsenopirita y pirita. Se molió la muestra en un molino de bolas en agitación horizontal hasta un 80 % de tamaño de paso de 6,0 micrómetros.

A continuación, se llevaron a cabo diez pruebas en la muestra a distintos niveles de pH de control. Se analizaron los niveles de pH de 4,4, 4,8 y 5,5. La solubilidad del arsénico, si bien muy baja a lo largo de todo el intervalo de pH, es marginalmente más alta a un pH de 4,8 en comparación con 5,5, y de este modo se esperó que la mejor formación de complejo de arsénico y la migración del complejo de arsénico desde la superficie de lixiviación a un pH inferior se tradujera en una mejor tasa de oxidación global. Las condiciones de la prueba se describen a continuación:

Prueba No.	pH de control	Temperatura (°C)	Duración (h)	Nivel de oxidación de sulfuro %	Adición de Na ₂ CO ₃ (kg/ton)	Adición de CaCO ₃ (kg/ton)	Constante de tasa específica
2	5,5	90	10,5	19	0	150	0,08
8	4,8	90	12	22	38	165	0,24
9	4,4	90	12	21	38	167	0,17-0,24
10	4,8	90	48	63	38	428	0,20

Se añadieron carbonato sódico y caliza progresivamente a todas las pruebas para controlar el pH en el punto establecido requerido. La reducción del pH a 4,8 desde 5,5 dio como resultado un aumento del 50 % de la tasa de oxidación de los minerales de sulfuro.

5 Una vez completadas las pruebas, se filtró la suspensión espesa oxidada.

El nivel de adición de carbonato sódico fue proporcional para todas las pruebas para mejorar la oxidación selectiva de las fases de sulfuro arsénico.

10 La fase de arsénico que se forme y precipite en la superficie del mineral de lixiviación será escorodita en las condiciones de lixiviación empleadas. Los datos de solubilidad de escorodita en el intervalo de pH analizado han sido notificados. [P. M. Dove and J. D. Rimstidt. Am. Miner. 70, 838-844 (1985)]. A los dos intervalos de pH analizados, se espera que las solubilidades del arsénico sean:

15 pH 4,4 = 0,8 mmoles/l
 pH 4,4 = 0,8 mmoles/l
 pH 5,5 = 0,1 mmoles/l

20 El control del pH en la prueba 10 a un nivel en donde la solubilidad arsénica, si bien todavía muy baja, fue optimizada, dio como resultado un aumento del 50 % en la tasa de oxidación dentro de la prueba de lixiviación oxidante.

25 En la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones (en su caso), la palabra “que comprende” y sus derivados, que incluyen “comprende” y “comprenden” incluyen cada uno de los números enteros señalados pero no excluye la inclusión de otro u otros números enteros adicionales.

30 La referencia a lo largo de la presente memoria descriptiva a “1 realización” o “una realización” significa que se incluye una característica, estructura o rasgo en particular descritos en conexión con la realización en al menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, la aparición de expresiones como “en 1 realización” o “en una realización” a lo largo de la presente memoria descriptiva no se refieren necesariamente todas ellas a la misma realización. Asimismo, las características, estructuras o rasgos en particular pueden combinarse de un modo adecuado en una o más combinaciones.

35 En conformidad con el estatuto, la invención se ha descrito en un lenguaje más o menos específico para las características estructurales y metódicas. Debe entenderse que la invención no queda limitada a estas características específicas que se muestran o que se describen ya que los medios descritos en el presente documento comprenden formas preferentes de puesta en efecto de la invención. Por tanto, la invención se reivindica en cualquiera de sus formas o modificaciones dentro del propio alcance de las reivindicaciones adjuntas (en su caso) apropiadamente interpretadas por las personas expertas en la materia.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para tratar una composición mineral que contiene hierro, arsénico u otro compuesto del Grupo VA que comprende la molienda de la composición mineral a un tamaño de partícula de P_{80} de menos de 25 μm y la lixiviación de dicha composición mineral en presencia de cal y/o caliza y de un agente complejante de álcali soluble y en presencia de un gas que contiene oxígeno a un pH en el intervalo de 3,5 a 6.
- 10 2. Un método según se reivindica en la reivindicación 1, en el que un agente complejante que forma un complejo soluble con hierro, arsénico u otros compuestos del Grupo VA está presente durante la lixiviación.
- 15 3. Un método según se reivindica en la reivindicación 2, en el que el agente complejante comprende el agente complejante de álcali soluble.
- 20 4. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la caliza está presente en la etapa de lixiviación y no se añade cal en la etapa de lixiviación.
- 25 5. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente complejante se selecciona entre álcalis solubles, carbonatos solubles, hidróxidos solubles o gas dióxido de carbono.
- 30 6. Un método según se reivindica en la reivindicación 5, en el que los álcalis solubles comprenden hidróxido sódico, hidróxido potásico, hidróxido de magnesio o hidróxido de amonio o carbonato sódico, carbonato potásico, carbonato de magnesio o carbonato de amonio.
- 35 7. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición mineral comprende un material refractario que contiene metales preciosos.
- 40 8. Un método según se reivindica en la reivindicación 7, en el que el material refractario comprende sulfuros refractarios, en los que están encapsulados metales preciosos, minerales que contienen material carbonáceo y materiales de telururo y seleniuro.
- 45 9. Un método según se reivindica en la reivindicación 7 o en la reivindicación 8, en el que la composición mineral contiene también uno o más entre estibnita, tetraedrita, argenopirita, calaverita, altaita, seleniuros que llevan oro, tenantita y pentlandita o la composición mineral comprende una composición que incluye materia carbonácea, pues de lo contrario la materia carbonácea interferiría con el proceso de recuperación de metales preciosos.
- 50 10. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el material refractario comprende concentrados de flotación.
- 55 11. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la composición se muele finamente a un intervalo de tamaño de partícula del 80 % que pasa 2-25 μm , preferentemente del 80 % que pasa 2-15 μm .
- 60 12. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método se lleva a cabo a presión ambiente.
13. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la lixiviación se lleva a cabo a una temperatura de entre aproximadamente 50 °C y el punto de ebullición de la mezcla.
14. Un método según se reivindica en la reivindicación 13, en el que la lixiviación se lleva a cabo a una temperatura de entre aproximadamente 50 °C y aproximadamente 98 °C.
15. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la lixiviación se lleva a cabo en presencia de un gas que contiene oxígeno seleccionado entre oxígeno, aire o aire enriquecido con oxígeno.
16. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, después de que se ha lixiviado la composición, se trata adicionalmente la mezcla para recuperar metales preciosos.
17. Un método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el agente complejante de álcali soluble comprende un compuesto de álcali soluble que forma un complejo con arsénico u otro elemento o compuesto del Grupo VA, comprendiendo el complejo un complejo de vida corta que migra posteriormente desde las partículas de la composición mineral y después precipita.