

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 544**

51 Int. Cl.:

**C23F 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.07.2012 PCT/US2012/048568**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO13019627**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2012 E 12820379 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2022 EP 2737109**

54 Título: **Polímeros inhibidores de incrustaciones y métodos para prevenir la formación de incrustaciones**

30 Prioridad:

**29.07.2011 US 201161513092 P**

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

**12.04.2023**

73 Titular/es:

**KEMIRA OYJ (100.0%)  
Porkkalankatu 3  
00180 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**DICKINSON, WAYNE y  
MOORE, LUCAS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 938 544 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**

Polímeros inhibidores de incrustaciones y métodos para prevenir la formación de incrustaciones

**Referencia cruzada a la solicitud relacionada**

5 Esta solicitud reivindica prioridad respecto a la solicitud de patente provisional de EE. UU. n.º 61/513.092, presentada el 29 de julio de 2011.

**Técnica anterior**

La presente invención se refiere a métodos para la prevención de incrustaciones que comprenden la adición de polímeros inhibidores de incrustaciones o composiciones que comprenden polímeros inhibidores de incrustaciones y un disolvente a fluidos.

**10 Antecedentes**

15 Los métodos modernos de extracción de metales tales como oro y plata requieren la separación y el enriquecimiento del metal del mineral que contiene el metal. Los métodos de separación y enriquecimiento incluyen, por ejemplo: separación por gravedad, flotación, proceso de lixiviación, procesamiento de mineral refractario, lixiviantes alternativos, amalgamación, etc. Muchas de estas técnicas implican el uso de productos químicos externos para extraer o separar el metal del mineral.

20 Los métodos comunes de extracción de oro (u otros metales preciosos) utilizan lo que se conoce como "lixiviación en montones" o "lixiviación en cuba" para extraer el metal del mineral en bruto. Ambos métodos implican disolver el oro en un lixivante, que suele ser una disolución acuosa de cianuro alcalino tal como, por ejemplo, cianuro de sodio. La disolución de cianuro generalmente se mantiene a un pH alcalino para evitar la liberación de cianuro de hidrógeno tóxico. En estas condiciones, los iones de cianuro se coordinarán con el oro, formando un complejo que es soluble en los medios acuosos. La disolución que contiene el complejo metálico (llamada "disolución preñada") puede procesarse a través de diversos sistemas de recuperación de metales preciosos.

La formación de incrustaciones o depósitos minerales es un problema común con muchos métodos de extracción, ya que pueden formarse incrustaciones o depósitos minerales en cualquiera de los numerosos puntos del proceso.

**25 Breve compendio**

30 La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas. En particular, la invención proporciona un método para prevenir la formación de incrustaciones en un fluido en circulación, en donde el método comprende añadir un polímero inhibidor de incrustaciones o una composición que comprende polímeros inhibidores de incrustaciones y un disolvente, a un fluido, en donde el polímero inhibidor de incrustaciones comprende dos o más unidades recurrentes, en donde al menos una unidad recurrente es un monómero que contiene sulfonato y al menos una unidad recurrente es ácido maleico, en donde el monómero que contiene sulfonato se selecciona de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo; y en donde el fluido es una disolución acuosa de cianuro alcalino.

La descripción puede entenderse más fácilmente con referencia a la siguiente descripción detallada de las diversas características de la descripción y los ejemplos incluidos en ella.

**35 Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un esquema de un proceso de formación de montones para la recuperación de metales.

La Figura 2 muestra un esquema de un proceso de carbón en lixiviación para la recuperación de metales a partir de minerales ricos en carbonatos.

40 La Figura 3 muestra un esquema de un proceso de carbón en lixiviación para la recuperación de metales a partir de minerales ricos en sulfuros.

La figura 4 muestra un circuito de ensayo de columna de carbón para determinar la inhibición del carbonato de calcio, según los ejemplos.

La figura 5 muestra la respuesta de un sensor de luz de una muestra tratada con una composición antiincrustante según una realización ilustrativa.

**45 Descripción detallada**

50 Las realizaciones ilustrativas descritas en la presente memoria proporcionan métodos para prevenir la formación de incrustaciones en el fluido en circulación usando polímeros inhibidores de incrustaciones y composiciones que comprenden los polímeros inhibidores de incrustaciones. Los métodos descritos en la presente memoria se pueden usar para proporcionar una inhibición de incrustaciones eficiente y económica en los procesos de extracción o para evitar la formación o acumulación de incrustaciones minerales durante la extracción de metales a partir de minerales.

Como se usa en la presente memoria, los términos "polímero", "polímeros", "polimérico" y términos similares se usan en su sentido ordinario tal como lo entiende un experto en la materia y, por lo tanto, se pueden usar en la presente memoria para referirse o describir una molécula grande (o grupo de tales moléculas) que contiene unidades recurrentes. Los polímeros se pueden formar de varias formas, incluso polimerizando monómeros y/o modificando químicamente una o más unidades recurrentes de un polímero precursor. Un "homopolímero" es un polímero que comprende unidades recurrentes sustancialmente idénticas formadas, por ejemplo, polimerizando un monómero particular. Un polímero puede ser un "copolímero" que comprende dos o más unidades recurrentes diferentes formadas, por ejemplo, copolimerizando dos o más monómeros diferentes y/o modificando químicamente una o más unidades recurrentes de un polímero precursor. El término "terpolímero" puede usarse en la presente memoria para referirse a polímeros que contienen tres o más unidades recurrentes diferentes.

Las expresiones "antiincrustante", "polímero inhibidor de incrustaciones" o "polímero inhibidor de incrustaciones" generalmente se refiere a productos químicos que se aplican a niveles subestequiométricos para interferir con la nucleación, el crecimiento y la aglomeración de cristales. Tal como se usan en la presente memoria, las expresiones "antiincrustante", "antiincrustantes", "agente antiincrustante", "polímero inhibidor de incrustaciones" y términos similares se usan en su sentido ordinario tal como lo entiende un experto en la materia y, por lo tanto, pueden usarse en la presente memoria para hacer referencia o describir compuestos químicos o composiciones que contienen dichos compuestos, donde los compuestos, cuando se añaden a un sistema acuoso que tiende a formar incrustaciones, reducen o inhiben la formación, deposición y adherencia de depósitos de incrustaciones en las superficies del sustrato en contacto con el sistema acuoso que forma incrustaciones. El inhibidor de incrustaciones se puede usar para reducir o inhibir la formación de incrustaciones (por ejemplo, la cantidad total y/o la tasa de formación de incrustaciones) en el sistema acuoso, en comparación con un sistema al que no se ha añadido el compuesto químico o la composición. En realizaciones ilustrativas, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede añadir a una disolución acuosa que puede contener iones metálicos, tales como iones de calcio, bario, magnesio, aluminio, estroncio, hierro, etc. y aniones tales como bicarbonato, carbonato, oxalato, sulfato, fosfato, silicato, fluoruro, etc., que puedan causar incrustaciones o depósitos minerales.

Como se usa en la presente memoria, las expresiones "incrustaciones" o "incrustaciones minerales" se refieren a sustancias insolubles tales como sales insolubles, que tienden a formarse en sistemas acuosos tales como agua de calderas, agua de refrigeración, agua de mar (por ejemplo, en aplicaciones de plataformas petrolíferas), agua salobre, agua de yacimientos petrolíferos, agua de depuradoras municipales, agua de fábricas de papel, agua de minería y agua de plantas de tratamiento industrial. En particular, "incrustaciones" incluye sales inorgánicas que normalmente se forman por la reacción de cationes metálicos, tales como calcio, magnesio o bario, con aniones inorgánicos, tales como fosfato, carbonato y sulfato. Tales sales son normalmente insolubles o tienen una baja solubilidad en agua.

Los expertos en la materia entenderán que los términos "prevención de incrustaciones" o "tratamiento de incrustaciones" tienen un significado amplio y habitual que incluye el uso de polímeros y/o composiciones inhibidoras de incrustaciones para reducir, controlar o inhibir la cantidad de incrustaciones y/o reducir la tasa de formación de incrustaciones en diversos sistemas acuosos, en comparación con sistemas acuosos comparables que no contienen los polímeros y/o composiciones inhibidores de incrustaciones.

### Polímeros

El polímero inhibidor de incrustaciones para su uso en el método de la invención comprende dos o más unidades recurrentes en donde al menos una unidad recurrente es un monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo, y al menos una unidad recurrente es ácido maleico.

En realizaciones ilustrativas, el polímero es un copolímero. En realizaciones ilustrativas, el polímero es un terpolímero.

En realizaciones ilustrativas, el polímero comprende tres o más unidades recurrentes en las que al menos una unidad recurrente es un monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo; una unidad recurrente es ácido maleico, y al menos una unidad recurrente se selecciona del grupo que consiste en ácido itacónico, acrilamida, ácido acrílico, ácido metacrílico, monometacrilato de polietilenglicol, anhídrido maleico, t-butil acrilamida, acrilato de hidroxipropilo, metacrilato de hidroxietilo, metacrilato de hidroxipropilo y ácido vinilfosfónico.

El monómero que contiene sulfonato es metacrilato de 2-sulfoetilo (2-SEM) y sales del mismo. Los ejemplos de sales incluyen sales de litio, sodio, potasio y amonio.

Una unidad recurrente en el polímero es el ácido maleico. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es ácido itacónico. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es acrilamida. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es ácido acrílico. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es ácido metacrílico. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es monometacrilato de polietilenglicol. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es anhídrido maleico. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es t-butil acrilamida. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es acrilato de hidroxipropilo. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es metacrilato de hidroxietilo. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente en el polímero es metacrilato de hidroxipropilo. En realizaciones ilustrativas, una unidad recurrente

en el polímero es ácido vinilfosfónico.

En realizaciones ilustrativas, el polímero es un copolímero de un monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo y ácido maleico.

5 En realizaciones ilustrativas, el polímero es un terpolímero que comprende unidades recurrentes de cada uno de un monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo, ácido maleico y una unidad recurrente seleccionada del grupo que consiste en ácido itacónico, acrilamida, ácido acrílico, ácido metacrílico, monometacrilato de polietilenglicol, anhídrido maleico, t-butil acrilamida, acrilato de hidroxipropilo, metacrilato de hidroxietilo, metacrilato de hidroxipropilo y ácido vinilfosfónico. Por ejemplo, un terpolímero de un monómero que contiene sulfonato, ácido maleico y ácido acrílico.

10 En realizaciones ilustrativas, el polímero inhibidor de incrustaciones tiene un peso molecular de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 30.000 Dalton, o de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 12.000 Dalton.

15 Cualquiera de las unidades recurrentes descritas en las realizaciones de la presente memoria puede comprender de aproximadamente 1% a aproximadamente 90%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 80%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 70%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 60%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 50%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 40%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 30% o de aproximadamente 5 a aproximadamente 20% por mol del polímero. En realizaciones ilustrativas, cualquier unidad recurrente descrita en la presente memoria comprende hasta aproximadamente 90%, aproximadamente 80%, aproximadamente 70%, aproximadamente 60%, aproximadamente 50%, aproximadamente 40%, aproximadamente 30%, aproximadamente 20%, aproximadamente 15% o aproximadamente 10% por mol del polímero.

20 En realizaciones ilustrativas, el monómero que contiene sulfonato comprende de aproximadamente 1% a aproximadamente 90%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 80%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 70%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 60%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 50%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 40%, de aproximadamente 5% a aproximadamente 30% o de aproximadamente 5% a aproximadamente 20% por mol del polímero. En realizaciones ilustrativas, el monómero que contiene sulfonato comprende hasta aproximadamente 90%, aproximadamente 80%, aproximadamente 70%, aproximadamente 60%, aproximadamente 50%, aproximadamente 40%, aproximadamente 30%, aproximadamente 20%, aproximadamente 15% o aproximadamente 10% por mol del polímero.

25 En ciertas realizaciones, el polímero es un copolímero y el monómero que contiene sulfonato comprende menos del 50% por mol del polímero. En ciertas realizaciones, el polímero es un terpolímero y el monómero que contiene sulfonato comprende menos del 30% por mol del polímero. En ciertas realizaciones, el polímero es un terpolímero, el monómero que contiene sulfonato comprende menos del 30%, y cada una de las otras dos unidades recurrentes comprende de aproximadamente 30% a aproximadamente 60% por mol del polímero.

30 En realizaciones ilustrativas en las que el polímero es un copolímero, la razón molar de ácido maleico a monómero que contiene sulfonato está en el intervalo de aproximadamente 1:99 a aproximadamente 99:1, de aproximadamente 30:70 a aproximadamente 70:30, de aproximadamente 60:40 a aproximadamente 40:60, o de aproximadamente 55:45 a aproximadamente 45:55. En realizaciones ilustrativas, la razón molar de ácido maleico a monómero que contiene sulfonato es de aproximadamente 1:99, aproximadamente 30:70, aproximadamente 40:60, aproximadamente 45:55, aproximadamente 50:50, aproximadamente 55:45, aproximadamente 60:40, aproximadamente 70:30 o aproximadamente 99:1.

35 El polímero comprende un tipo de monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo. En ciertas realizaciones, el polímero comprende dos tipos de monómeros que contienen sulfonato, en donde al menos uno de los monómeros que contienen sulfonato es metacrilato de 2-sulfoetilo o una sal del mismo. En ciertas realizaciones, el polímero comprende tres o más tipos de monómeros que contienen sulfonato, en donde al menos uno de los monómeros que contienen sulfonato es metacrilato de 2-sulfoetilo o una sal del mismo.

40 En realizaciones ilustrativas, el polímero puede contener uno o más monómeros adicionales o unidades recurrentes. Puede usarse cualquier monómero adecuado, según sea necesario o deseado. Los ejemplos de monómeros adicionales incluyen los siguientes, cualquier monómero que no afecte negativamente a las propiedades inhibitorias de incrustaciones del polímero o que se conozca en la técnica de los polímeros inhibidores de incrustaciones.

45 En ciertas realizaciones, el ácido maleico se prepara a partir de anhídrido maleico y agua.

En realizaciones ilustrativas, la síntesis del polímero inhibidor de incrustaciones polimérico puede llevarse a cabo mediante cualquier reacción de polimerización adecuada que se conozca en la técnica o que se desarrolle posteriormente.

50 Una reacción de polimerización ilustrativa puede iniciarse por cualquier medio adecuado que dé como resultado la generación de un radical libre adecuado. En la técnica de polimerización por radicales, la fuente de radicales libres puede ser cualquier método adecuado para generar radicales libres, tal como el método inducido térmicamente, el

método de iniciación redox, el método de iniciación fotoquímica o la radiación de alta energía, tal como la radiación de haz de electrones, rayos X o rayos gamma. Un método ilustrativo para generar radicales libres es el método inducido térmicamente.

5 En la polimerización por radicales, los iniciadores térmicos típicos incluyen compuestos azoicos, peróxidos o peroxiésteres. Los iniciadores de polimerización no se limitan a ninguna especie en particular, sino que pueden ser cualquiera de los iniciadores convencionales, incluidos los iniciadores redox, los iniciadores azo y los peróxidos. En una realización ilustrativa, el iniciador de polimerización es un iniciador azoico. Los iniciadores azo ilustrativos incluyen, entre otros, compuestos de azonitrilo tales como 2,2'-azobis(2-metilpropionitrilo) (AIBN), azobisdimetilvaleronitrilo y azobisdimetilmetoxivaleronitrilo; compuestos de azoamidina tales como diclorhidrato de 2,2'-azobis(metilpropionamida) (V-50), VA-041, VA-044 y VA-061 (V-50, VA-041, VA-044 y VA-061 son productos de Wako Pure Chemical Industries, Ltd.); compuestos de azoamida tales como VA-080, VA-086 y VA-088 (productos de Wako Pure Chemical Industries, Ltd.); compuestos de azoalquilo tales como azodi-terc-octano y azoditerc-butano; cianopropilazofornamida, 4,4'-azobis(ácido cianovalérico), 4,4'-azobis-(ácido cianopentanoico) dimetilazobismetil propionato, azobishidroximetil-propionitrilo y similares. En una realización ilustrativa, el iniciador es diclorhidrato de 2,2'-azobis-(metilpropionamida) (V-50), o 4,4'-azobis(ácido cianopentanoico) o 4,4'-azobis(ácido cianovalérico).

15 En una realización ilustrativa, se puede usar un iniciador de polimerización por radicales solo, o se pueden usar dos o más de ellos como una mezcla.

20 En una realización ilustrativa, la razón molar del iniciador de polimerización por radicales al monómero puede ser de aproximadamente 0,0001 a aproximadamente 0,1, tal como de aproximadamente 0,0005 a aproximadamente 0,05, o de aproximadamente 0,0005 a aproximadamente 0,01.

### Composiciones

25 También se proporciona una composición que comprende un polímero inhibidor de incrustaciones y un disolvente para su uso en el método de la invención, en donde el polímero comprende dos o más unidades recurrentes en donde al menos una unidad recurrente es un monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo y al menos una unidad recurrente es ácido maleico. En realizaciones ilustrativas, el disolvente es agua o una disolución acuosa, por ejemplo, una disolución de agua y otros disolventes en donde el agua es más del 40% de la disolución acuosa en peso o volumen. En ciertas realizaciones, el disolvente puede ser un sistema o mezcla de disolventes, por ejemplo, agua y disolvente de alquilamina.

30 El polímero inhibidor de incrustaciones o la composición para su uso en el método de la invención puede proporcionarse en cualquier forma adecuada según sea necesario o deseado, incluyendo forma sólida o líquida. En una realización ilustrativa, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede proporcionar en una disolución acuosa en la que de aproximadamente 25 a aproximadamente 60% (en peso) de la disolución, o composición, es el polímero. En realizaciones ilustrativas, la disolución o composición puede tener un pH de aproximadamente 1 a aproximadamente 8.

35 Como se menciona en la presente memoria, la expresión "cantidad inhibidora de incrustaciones eficaz" significa una cantidad de un polímero inhibidor de incrustaciones o una composición inhibidora de incrustaciones para proporcionar una inhibición, eliminación o reducción de incrustaciones adecuada. En realizaciones ilustrativas, la composición inhibidora de incrustaciones puede incluir una cantidad inhibidora de incrustaciones eficaz de un polímero inhibidor de incrustaciones como se describe en la presente memoria. Las composiciones inhibidoras de incrustaciones ilustrativas pueden contener, por ejemplo, de aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso de un polímero inhibidor de incrustaciones.

40 En ciertas realizaciones, la composición inhibidora de incrustaciones puede consistir esencialmente en el polímero inhibidor de incrustaciones.

45 En realizaciones ilustrativas, la composición inhibidora de incrustaciones es un líquido. En realizaciones ilustrativas, la composición inhibidora de incrustaciones comprende agua o un fluido a base de agua, por ejemplo, fluidos a base de agua de mar, pero no se excluyen otros fluidos. En otras realizaciones, la composición inhibidora de incrustaciones comprende un disolvente que no es agua, por ejemplo, un disolvente a base de glicol o éter de glicol.

50 En realizaciones ilustrativas, la composición inhibidora de incrustaciones comprende uno o más aditivos o agentes de tratamiento de agua adicionales. Los aditivos o agentes adicionales representativos y no limitativos incluyen: otros polímeros o agentes inhibidores de incrustaciones, sales, aceites, colorantes, modificadores de flujo, tensioactivos, tales como tensioactivos aniónicos (por ejemplo, sulfonatos de alquilbenceno C10-20, sulfonatos de olefina C10-20, sulfatos de alquilo C10-20, éter sulfatos de alquilo C10-20 de 1 a 25 mol éter sulfatos, sulfonatos de parafina C10-20, jabones C10-20, fenol sulfatos de alquilo C10-20, sulfosuccinatos, sulfosuccinamatos, lignina sulfonatos, ésteres grasos sulfonatos, fenil éter sulfatos de alquilo C10-20, sulfatos de etanolamida de alquilo C10-20, sales de ácidos grasos alfa sulfo C10-20, sarcosinatos de acilo C10-20, isetionatos, tauridas de acilo C10-20, fosfatos de hidrógeno de alquilo C10-20), tensioactivos no iónicos (por ejemplo, etoxilados y/o propoxilados alcoholes C10-20, ácidos carboxílicos C10-20 etoxilados y/o propoxilados, alcanolamidas, óxidos de amina y/o sorbitán C10-20 acilo y/o etoxilados de glicerilo), tensioactivos anfóteros (p. ej., betaínas, sulfobetaínas y/o imidazolininas cuaternizadas), y/o tensioactivos catiónicos (p. ej., sales de benzalconio, sales de alquiltrimetilamonio C10-20 y/o alquiltrimetilo C10-20);

5 secuestrantes, agentes quelantes, inhibidores de la corrosión (p. ej., imidazolina y sales de amonio cuaternario); y/u otros agentes de umbral (por ejemplo, polímeros tales como polímeros de fosfonato de aminometolina, ácido poliacrílico o agentes no poliméricos tales como tripolifosfato de sodio, etilendiamina tetraacetato de sodio, nitrilo triacetato de sodio, pirofosfato de tetrapotasio, ácido acetodifosfónico y sales del mismo, ácido trismetilfosfónico de amonio y sales del mismo, ácido etilendiaminotetrakis (metilfosfónico) y sales del mismo, ácido dietilentriaminopentakis(metilfosfónico) y sales del mismo); tolitriazol y mezclas de nitrato, benzoato, HHP y/o PTCB); inhibidores de hidratos (por ejemplo, metanol); inhibidores cinéticos tales como agentes antiaglomerantes; biocidas (por ejemplo, sales de tetrakis(hidroximetil)fosfonio, formaldehído, glutaraldehído, DENPA, bromopol isotiazoronal); biocidas y/o blanqueadores oxidantes (por ejemplo, cloro, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno, perborato de sodio); agentes de control de espuma tales como antiespumantes de silicona; eliminadores de oxígeno tales como hidrazinas y/o hidroxilaminas; agentes reguladores del pH y/o tamponadores tales como aminas, boratos, citratos y/o acetatos; sales de cromo; sales de zinc; inhibidores de asfaltenos; inhibidores de cera; desemulsionantes; otros inhibidores de incrustaciones; y/u otros agentes de tratamiento de agua tales como dispersantes poliméricos y coagulantes que incluyen ácidos polimaleico, poliacrílico y polivinilsulfónico y sales de los mismos, almidones y/o carboximetilcelulosa y/o molibdatos.

En realizaciones ilustrativas, la composición inhibidora de incrustaciones puede incluir de aproximadamente 5 a aproximadamente 95% en peso del polímero inhibidor de incrustaciones y de aproximadamente 5 a aproximadamente 90% en peso de uno o más de cualquiera de los aditivos o agentes de tratamiento de agua mencionados anteriormente.

20 En un ejemplo de composición inhibidora de incrustaciones a base de agua o acuosa, el polímero inhibidor de incrustaciones puede combinarse con el agua utilizando cualquier método adecuado. Por ejemplo, el polímero inhibidor de incrustaciones puede disolverse, suspenderse, dispersarse o emulsionarse en el agua. La cantidad de agua en la composición acuosa inhibidora de incrustaciones puede variar, según sea necesario o deseado. Por ejemplo, una composición acuosa inhibidora de incrustaciones puede comprender de aproximadamente 20% a aproximadamente 80% de polímero inhibidor de incrustaciones, basado en el peso total de la composición acuosa inhibidora de incrustaciones.

El rendimiento o la eficacia de las composiciones inhibidoras de incrustaciones se pueden evaluar utilizando cualquier método conocido para los ensayos de rendimiento de inhibidores de incrustaciones o antiincrustantes, que incluyen, entre otros: antiprecipitación estática (ensayos de jarra), cinética de crecimiento de cristales, ensayos de rotación y ensayos de inhibición de incrustaciones dinámicas, por ejemplo, ensayo de bloqueo de tubo dinámico, ensayo de recipiente agitado y ensayo de husillo giratorio.

### Métodos

35 La presente invención proporciona un método para prevenir la formación de incrustaciones en un fluido en circulación, en donde el método comprende añadir al fluido un polímero inhibidor de incrustaciones, o una composición que comprende el polímero inhibidor de incrustaciones; en donde el polímero inhibidor de incrustaciones y la composición son como se describen en la presente memoria y en donde el fluido es una disolución acuosa de cianuro alcalino. En realizaciones ilustrativas, el fluido circulante se utiliza en, o es un componente de, un proceso minero, o está en un sistema que se utiliza en un proceso minero.

40 En realizaciones ilustrativas, se proporciona un método para prevenir la formación de incrustaciones en un proceso minero, en donde el método comprende añadir un polímero inhibidor de incrustaciones, o una composición que comprende el polímero inhibidor de incrustaciones a un fluido utilizado en el proceso minero; en donde el polímero inhibidor de incrustaciones y la composición son como se describen en la presente memoria.

45 En realizaciones ilustrativas, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede añadir a un fluido, por ejemplo, una disolución acuosa, que puede contener iones metálicos, tal como iones de calcio, bario, magnesio, aluminio, estroncio, hierro, etc. y aniones tales como bicarbonato, carbonato, oxalato, sulfato, fosfato, silicato, fluoruro, etc., que puedan causar incrustaciones o depósitos minerales. En ciertas realizaciones, el fluido es una disolución acuosa de cianuro alcalino. En una realización ilustrativa, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede añadir a una disolución de cianuro alcalino, tal como una disolución de cianuro de sodio. En un método ilustrativo, el inhibidor se dosifica como un líquido, tal como un líquido acuoso.

50 En realizaciones ilustrativas, la dosificación del polímero inhibidor de incrustaciones a la disolución o fluido acuoso puede ser de aproximadamente 1 a aproximadamente 5000 ppm. En algunas realizaciones, la dosificación puede ser de hasta aproximadamente 1000 ppm o hasta aproximadamente 100 ppm. En una realización ilustrativa, la dosificación es de aproximadamente 30 ppm. En realizaciones ilustrativas, la dosificación del polímero inhibidor de incrustaciones en el proceso producirá cualquier reducción necesaria o deseada en incrustaciones o deposición mineral en el proceso. La eficacia del polímero inhibidor de incrustaciones puede medirse, por ejemplo, midiendo y comparando la cantidad de mineral incrustante que se disuelve en la disolución a la que se añade el polímero inhibidor de incrustaciones. En una realización ilustrativa, el polímero inhibidor de incrustaciones puede tener una "concentración inhibidora mínima" (MIC), por debajo de la cual el polímero inhibidor de incrustaciones es ineficaz para reducir o prevenir la deposición de incrustaciones o minerales.

El polímero o la composición inhibidores de incrustaciones se pueden añadir directamente al fluido deseado que se va a tratar en una cantidad fija o se pueden añadir de forma continua o intermitente al fluido según sea necesario o deseado.

5 En una realización ilustrativa, el proceso minero es un proceso de extracción de metales a partir de mineral en bruto. El metal puede incluir cualquier metal valioso, tal como oro, plata, mercurio y cobre, así como una amplia gama de metales de transición, incluidos hierro, níquel, cobalto, vanadio y titanio, y metales tales como zinc, cadmio, estaño, molibdeno, circonio y similares. En una realización, el metal comprende oro, plata, mercurio, níquel o cobre.

10 Los métodos descritos en la presente memoria pueden usarse en diversos métodos o procesos de extracción. Por ejemplo, los métodos pueden usarse en un proceso de lixiviación en montones. Un proceso típico de lixiviación en montones implica extraer y luego triturar el mineral (véase la Figura 1). El mineral triturado se apila en un montículo (un "montón") sobre un revestimiento impermeable. El mineral se puede mezclar con cal para mantener un pH alcalino mientras se usa la disolución de cianuro. El montón se riega con una disolución de lixiviación (disolución acuosa de cianuro) tal como, por ejemplo, con mangueras o aspersores que rocían la disolución sobre la superficie del montón durante un periodo de tiempo (por ejemplo, aproximadamente de 60 a 90 días). La disolución de cianuro disuelve los metales y migra (percola) a través del montón de mineral hasta que entra en contacto con el revestimiento impermeable que hay debajo, que está inclinado en una dirección. La disolución "preñada" que contiene los metales disueltos desciende por esta pendiente y se recoge para recuperar el oro de la disolución. En un proceso típico de lixiviación en cuba, el mineral y la disolución de lixiviación se combinan en una cuba interior, en lugar de un montón. El proceso de lixiviación en cuba se practica normalmente en regiones en las que las condiciones ambientales son desfavorables para la operación durante todo el año de un proceso de lixiviación en montones.

15 Los métodos descritos en la presente memoria pueden usarse en métodos para recuperar metal que implican la adsorción del metal en una fuente de carbón activado. Un método convencional para recuperar el metal precioso de una disolución cargada implica la adsorción del metal en una fuente de carbón activado, tal como carbón de cáscara de coco. Los carbones activados pueden adsorber hasta aproximadamente 30 000 ppm de oro en un complejo de cianuro. Un método simple de adsorción es introducir la disolución cargada del proceso de lixiviación en una serie de columnas o tambores que contienen carbón activado. Por ejemplo, la disolución puede ser empujada hacia arriba desde el fondo de cada columna a través del carbón, donde el oro se adsorbe sobre la superficie del carbón. La disolución puede fluir a través de una serie de estos circuitos hasta que prácticamente todo el oro se recoge sobre el carbón. El carbón, con el oro adsorbido, se puede purificar y separar de los demás materiales, y el oro se puede retirar (despojar, desorber) más tarde del carbón. La disolución restante puede tratarse adicionalmente y reciclarse al proceso.

20 Los métodos descritos en la presente memoria pueden usarse en procesos de extracción de metales que combinan operaciones de lixiviación y recuperación de carbón activado, por ejemplo, en un proceso convencional de carbón en pulpa (CIP) o un proceso de carbón en lixiviación (CIL).

25 En un proceso CIP, el mineral ("pulpa") se muele finamente y se lixivia (usando una disolución de cianuro) en una serie de tanques de lixiviación agitados para disolver el oro. En lugar de separar los sólidos de la disolución cargada, toda la suspensión fluye a una serie de tanques en circuito donde la suspensión se pone en contacto con carbón activado (que es más grueso que la partícula de mineral). El carbón adsorbe el oro de la disolución en suspensión y se elimina de la suspensión mediante un tamizado grueso. A continuación, el oro puede eliminarse del carbón.

30 Un proceso CIL típico integra las etapas de lixiviación y adsorción en un solo proceso. Por ejemplo, los tanques de lixiviación están equipados con tamices de retención de carbono. El carbono se añade directamente a la lixiviación para que el oro se absorba en el carbono casi tan pronto como se disuelva en la disolución de cianuro. Para el proceso CIL, puede ser necesario o deseable pretratar el mineral antes del procesamiento. Por ejemplo, con referencia a la Figura 2, para el mineral rico en carbonato, el carbono en el mineral puede reducirse primero para que no compita por la coordinación del oro en el circuito CIL. Esto se hace quemando la mayor parte del carbón en un horno de tostación. La etapa de tostación se lleva a cabo a una temperatura que eliminará el carbón sin afectar a los metales presentes. Si el mineral es rico en sulfuros, en la etapa de pretratamiento, el mineral se esterilizará en autoclave para oxidar el mineral de sulfuro (véase la Figura 3), reduciendo su coordinación a oro, proporcionando más sitios de coordinación vacantes para los iones de cianuro. La oxidación también hace que el componente de azufre sea más soluble en agua, lo que puede evitar que bloquee el circuito de carbón.

35 La formación de incrustaciones o depósitos minerales puede causar problemas con el proceso de extracción, incluidos los descritos anteriormente. Los depósitos de incrustaciones o minerales se forman cuando un material iónico en disolución alcanza su punto de saturación y comienza a precipitarse y adherirse a una superficie. La formación de incrustaciones o depósitos minerales puede empeorar con el uso de disoluciones de pH alto.

40 Pueden formarse incrustaciones o depósitos minerales en cualquiera de los numerosos puntos del proceso. Por ejemplo, en el proceso de lixiviación en montones o en el proceso de lixiviación en cuba, se pueden formar depósitos de incrustaciones en la boquilla del rociador o en otros equipos de manipulación de fluidos en contacto con la disolución de lixiviación y/o la disolución preñada. En el proceso de recuperación de carbón activado, la formación de incrustaciones puede bloquear u ocluir el carbón, disminuyendo la eficiencia de adsorción de oro. En los procesos CIL y CIP, las diversas partes del sistema implicadas en la lixiviación y la adsorción están sujetas a la formación de

depósitos minerales problemáticos.

Los depósitos de incrustaciones o minerales también pueden formarse aguas abajo de estos procesos. Por ejemplo, algunos procesos mineros incluyen el tratamiento aguas abajo de relaves o corrientes de desechos. En algunos procesos, los relaves o corrientes de desecho se transportan a través de una tubería a un proceso de espesamiento o clarificación, donde los componentes líquidos y sólidos se separan aún más, produciendo una corriente líquida (desbordamiento) y una corriente de sólidos. En algunos procesos, se pueden añadir flocculantes a los relaves o a la corriente de desechos para mejorar la separación del material sólido. En algunos procesos, se puede añadir cal a los relaves o a la corriente de desechos antes de alimentarlos al espesador para aumentar el pH y/o precipitar los sólidos. En algunos procesos, la corriente de líquido resultante (desbordamiento) puede tratarse adicionalmente con un filtro, como un filtro de hojas. Se pueden formar incrustaciones o depósitos minerales en varias partes de estos procesos, incluida la tubería de transporte, el espesador, el filtro y/u otros componentes del proceso relacionados.

Los depósitos de incrustaciones o minerales pueden acumularse con el tiempo y, finalmente, generar problemas potencialmente costosos, como: pérdida de eficiencia de transferencia de calor, restricciones de flujo y taponamiento, corrosión debajo del depósito, daños y fallas en el equipo.

En realizaciones ilustrativas, los métodos descritos en la presente memoria se pueden usar para evitar la formación de incrustaciones en un proceso minero, incluidos los procesos de minería descritos en la presente memoria. En realizaciones ilustrativas, el proceso minero es un proceso seleccionado del grupo que consiste en: lixiviación en montones, lixiviación en cuba, recuperación de carbón activado, adsorción en carbón, carbón en pulpa (CIP) y carbón en lixiviación (CIL), o combinaciones o partes de los mismos.

En realizaciones ilustrativas, el polímero inhibidor de incrustaciones puede añadirse al proceso minero en cualquier etapa o parte del proceso, según sea necesario o deseado. Por ejemplo, el polímero inhibidor de incrustaciones puede añadirse a una o más partes o etapas del proceso donde es probable que reduzca las incrustaciones o depósitos minerales en esa parte o etapa del proceso, o aguas abajo. En algunas realizaciones, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede añadir a una disolución de lixiviación antes de que se combine con el mineral. En algunas realizaciones, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede añadir a una disolución, suspensión o montón de lixiviación durante o después de la etapa de lixiviación. En algunas realizaciones, el polímero inhibidor de incrustaciones puede añadirse a una disolución o suspensión de metal lixiviado antes, durante o después del proceso de recuperación de carbón activado. En los procesos en los que se combinan los procesos de lixiviación y recuperación de carbón, el polímero inhibidor de incrustaciones se puede añadir a cualquier parte o etapa del proceso cuando sea necesario o se desee. Se entenderá que cualquiera de estos métodos de aplicación, o una combinación de ellos, pueden usarse en las realizaciones. En una realización, el proceso minero comprende una etapa de lixiviación y el polímero inhibidor de incrustaciones se añade al proceso antes o durante la etapa de lixiviación. En una realización, el proceso minero comprende una etapa de adsorción en carbón y el polímero inhibidor de incrustaciones se añade al proceso antes o durante la etapa de adsorción en carbón.

Los siguientes ejemplos se presentan únicamente con fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de la invención.

## Ejemplos

### Ejemplo 1.

Se evaluaron diversos polímeros inhibidores de incrustaciones para comparar su capacidad para prevenir la deposición de incrustaciones o minerales. Las descripciones de los polímeros se proporcionan en la Tabla 1. Se usaron disoluciones acuosas de cianuro que estaban sobresaturadas con carbonato de calcio para simular las condiciones de formación de incrustaciones. Se preparó una disolución de incrustación de carbonato de calcio como se describe a continuación. Las disoluciones de incrustación se trataron con diversos polímeros inhibidores de incrustaciones en cantidades variables.

Solución de cationes: 2,92 g/l de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; 0,47 g/l de  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 3,3 g/l de NaCl. La disolución contiene 2000 ppm de  $\text{Ca}^{2+}$  (como  $\text{CaCO}_3$ ), 200 ppm de  $\text{Mg}^{2+}$  (como  $\text{CaCO}_3$ ) y 2600 ppm de  $\text{Cl}^-$

Solución de aniones: 3,85 g/l de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; 0,42 g/l de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 1,14 g/l de NaCN. pH final ajustado a 11,2 con hidróxido de sodio. La disolución contiene: 2600 ppm de  $\text{SO}_4^{2-}$ , 400 ppm de  $\text{CO}_3^{2-}$  (como  $\text{CaCO}_3$ ) y 600 ppm de  $\text{CN}^-$

Cada polímero se añadió a la disolución de aniones antes de combinar la mezcla con la disolución de cationes. En consecuencia, la concentración final de los constituyentes químicos en las disoluciones combinadas es la mitad del valor que se muestra para las disoluciones individuales.

Se incubaron frascos de vidrio que contenían 100 ml de las disoluciones sobresaturadas de carbonato de calcio tratadas con diversas dosificaciones (5, 15 y 30 ppm) de los polímeros durante 20 horas a 70°C en condiciones estáticas. Las disoluciones incubadas se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se filtraron a través de un filtro de jeringa de 0,2  $\mu$  y se analizaron valorimétricamente para determinar el calcio soluble usando un titulador EDTA. El porcentaje de inhibición de  $\text{CaCO}_3$  se determinó usando la fórmula (I) a continuación:

$$\% \text{ de inhibición} = (\text{Ca}_s - \text{Ca}_c) / (\text{Ca}_b - \text{Ca}_c) * 100 \quad (I)$$

donde:

Ca<sub>s</sub> = concentración de calcio en la muestra

Ca<sub>c</sub> = concentración de calcio en un control no tratado

5 Ca<sub>b</sub> = concentración de calcio en la disolución en blanco que no contiene carbonato

Los resultados se muestran en la Tabla 1 a continuación. Se usaron diversos polímeros inhibidores de incrustaciones disponibles comercialmente en experimentos comparativos (estas muestras están etiquetadas como Ref. X). Todas las disoluciones de tratamiento se prepararon en agua desionizada utilizando sales químicas de laboratorio.

ID del Producto	Tipo de polímero	5 ppm	15 ppm	30 ppm
A*	Copolímero de alil sulfonato de sodio y ácido maleico	10,7	75,2	102,4
B	Terpolímero de ácido acrílico, maleico y sulfónico	24,7	58,8	67
Ref. 1	Ácido poliacrílico (PAA)	-17,5	95,3	91,8
Ref. 2	AAP	12,9	30,5	91,8
Ref. 3	Organofosfonato	11,7	69,3	85,8
Ref. 4	AAP	27,1	49,4	84,7
Ref. 5	AAP	12,9	51,8	70,4
Ref. 6	Fosfonato orgánico, ácido acrílico	-1,2	63,6	63,3
Ref. 7	AAP	42,3	35,2	42,2
Ref. 8	AAP	-0,1	22,3	28,2

\*Ejemplo comparativo

10 A 30 ppm, la Muestra A ilustrativa obtuvo una inhibición de incrustaciones (CaCO<sub>3</sub>) del 100%. Esta muestra superó a cualquiera de los otros productos disponibles comercialmente ensayados.

### Ejemplo 2:

15 La capacidad de diversos polímeros inhibidores de incrustaciones para evitar la deposición de incrustaciones o minerales directamente sobre el carbón activado se evaluó en condiciones de flujo utilizando un circuito modelo de extracción de carbón (véase la Figura 4). Las descripciones de estos polímeros se proporcionan en la Tabla 2 a continuación.

20 En el circuito modelo, las disoluciones de aniones y cationes se bombearon individualmente a una columna de 2 cm de diámetro por 10 cm llena de carbón activado. El agua en circulación se repuso constantemente para dar un tiempo de residencia de veinte minutos con una duración total del experimento de 3,5 horas. Al final del experimento, el carbonato de calcio sobre el carbón se disolvió con ácido y se midió la cantidad de calcio disuelto. Cantidades más bajas de calcio disuelto indicaron una mejor inhibición de la formación de carbonato de calcio. Además de la columna de carbón, el agua circulaba por un sensor óptico que registraba disminuciones en la intensidad de la luz causadas por la formación de carbonato de calcio en la disolución y en la superficie del sensor.

25 Las disoluciones de incrustación de carbonato de calcio se prepararon a partir de las siguientes disoluciones de cationes y aniones:

Solución de cationes: 1,22 g/l de CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O; 0,2 g/l de MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O; 5,1 g/l de NaCl. La disolución contiene 833 ppm de Ca<sup>2+</sup> (como CaCO<sub>3</sub>), 83,3 ppm de Mg<sup>2+</sup> (como CaCO<sub>3</sub>) y 3100 ppm de Cl<sup>-</sup>

Solución de aniones: 0,66 g/l de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 2,7 g/l de NaCN. pH final ajustado a 12,0 con hidróxido de sodio. La disolución contiene: 625 ppm de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (como CaCO<sub>3</sub>) y 1200 ppm de CN<sup>-</sup>

30 Los polímeros de la Tabla 2 se añadieron a la disolución de aniones antes de combinarlos con la disolución de cationes. La dosificación fue de 15 ppm del polímero. Las Muestras de Producto C y D fueron ilustrativas de las realizaciones descritas en la presente memoria. La muestra C era un terpolímero de ácido acrílico, ácido maleico y un monómero que contenía sulfonato. La muestra D era un copolímero de un monómero que contenía sulfonato y ácido maleico. Las cantidades medidas de calcio disuelto se indican en la Tabla 2, a continuación.

35

Tabla 2.

<b>ID del Producto</b>	<b>Tipo de polímero</b>	<b>Depósito de CaCO<sub>3</sub>, mg</b>
Control	Control no tratado	110,4
C	acrílico-maleico-sulfonato	81,6
D*	sulfonato-maleico	81,9
Ref. 9	acrílico	89,1

\*Ejemplo comparativo

5 La Figura 5 muestra la respuesta del sensor de luz durante el ensayo del circuito de extracción de carbón. Como se muestra en el gráfico, hubo una disminución en la intensidad de la luz para la disolución no tratada. Además, se observó que el copolímero de sulfonato maleico (muestra D) mantenía una salida óptica completa, lo que indica la ausencia de formación de CaCO<sub>3</sub> a 30 ppm.

10 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, incluido el mejor modo, y también para permitir que cualquier persona experta en la materia realice y utilice la invención. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Se pretende que tales otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales de los lenguajes literales de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para prevenir la formación de incrustaciones en un fluido en circulación, en donde el método comprende añadir un polímero inhibidor de incrustaciones, o una composición que comprende el polímero inhibidor de incrustaciones y un disolvente, al fluido;
- 5 en donde el polímero inhibidor de incrustaciones comprende dos o más unidades recurrentes en donde al menos una unidad recurrente es un monómero que contiene sulfonato seleccionado de metacrilato de 2-sulfoetilo y sales del mismo; y al menos una unidad recurrente es ácido maleico; y en donde el fluido es una disolución acuosa de cianuro alcalino.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el fluido en circulación se utiliza en, o es un componente de, un proceso minero.
- 10 3. El método de la reivindicación 2, en donde el proceso minero es un proceso de extracción de metales a partir de mineral en bruto.
4. El método de la reivindicación 3, en donde el metal extraído mediante el proceso de extracción de metales comprende oro, plata, mercurio, níquel o cobre.
- 15 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en donde el proceso minero se selecciona del grupo que consiste en: un proceso que incluye lixiviación en montones, lixiviación en cuba, recuperación de carbón activado, adsorción en carbón, carbón en pulpa (CIP) y carbón en lixiviación (CIL), o combinaciones o partes de los mismos.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en donde el proceso minero comprende una etapa de lixiviación y el polímero inhibidor de incrustaciones se añade al proceso antes o durante la etapa de lixiviación.
- 20 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en donde el proceso minero comprende una etapa de adsorción en carbón y el polímero inhibidor de incrustaciones se añade al proceso antes o durante la etapa de adsorción en carbón.
8. El método de la reivindicación 7, en donde el polímero se añade al fluido como una composición que comprende el polímero inhibidor de incrustaciones y agua.
- 25 9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el polímero inhibidor de incrustaciones consiste esencialmente en unidades recurrentes de metacrilato de 2-sulfoetilo, ácido maleico y ácido acrílico.

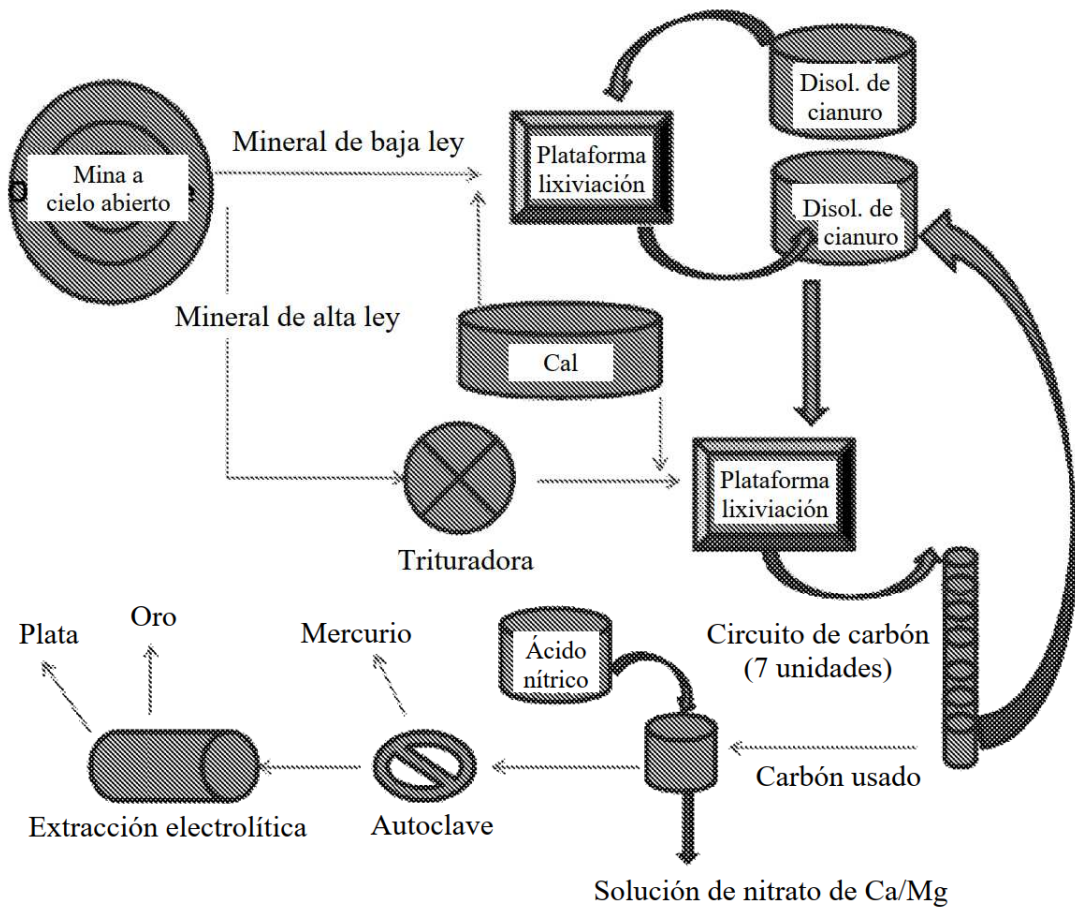
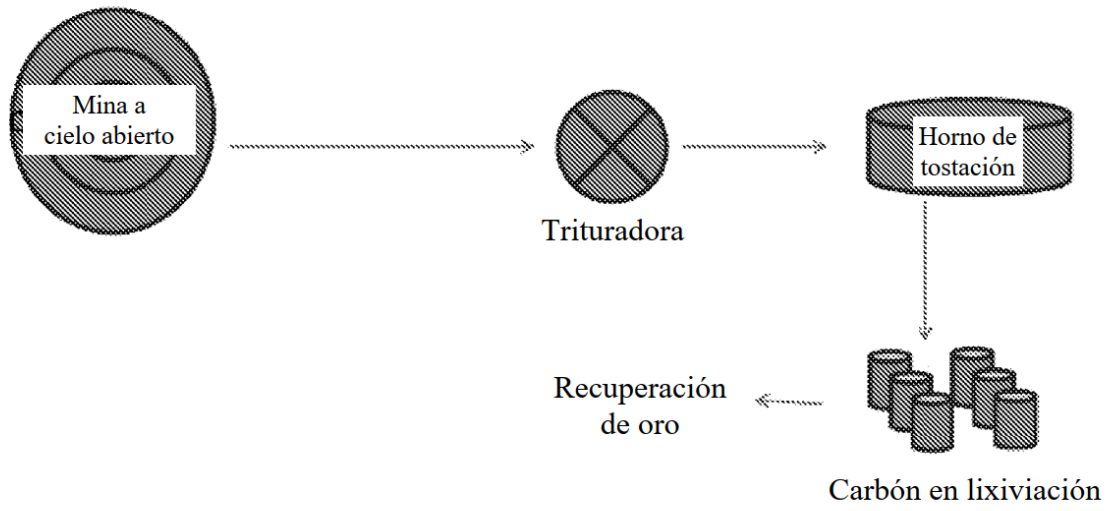
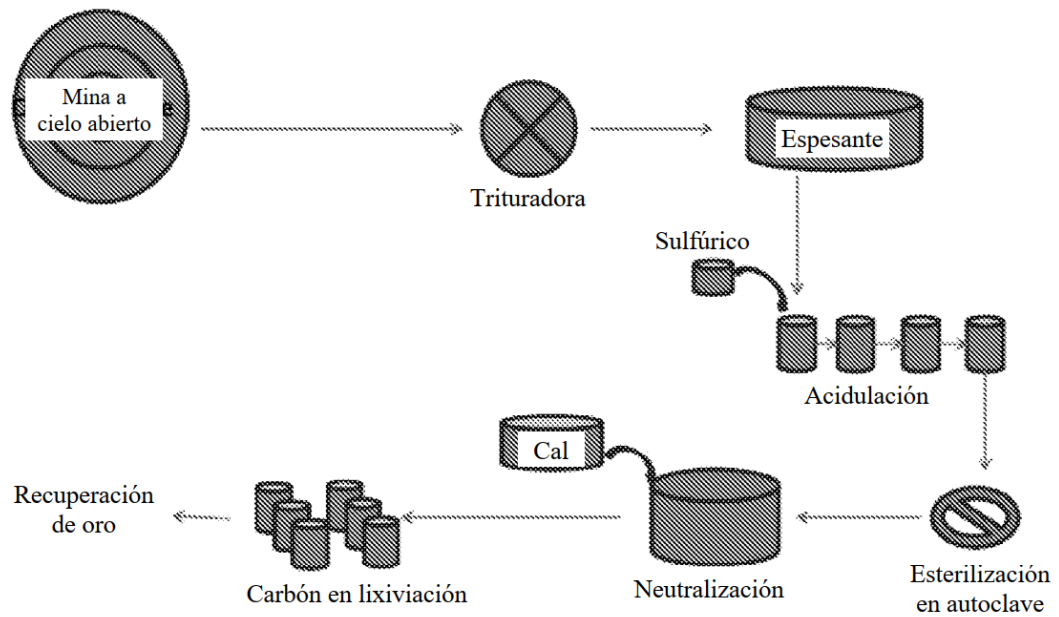


Figura 1



**Figura 2**



**Figura 3**

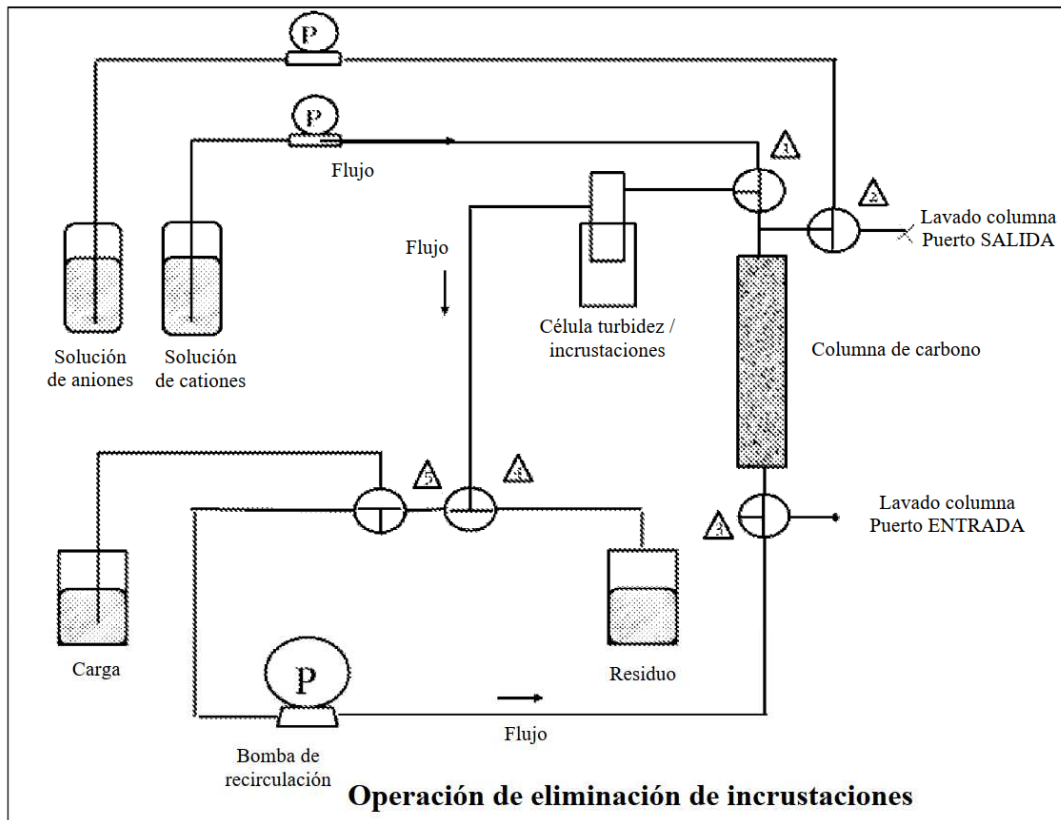


Figura 4

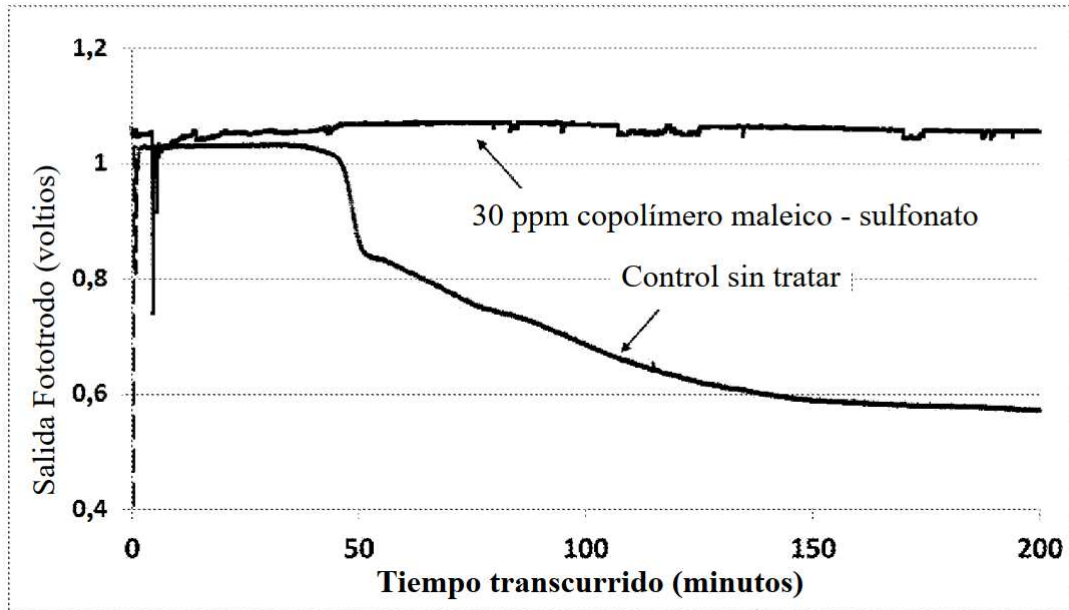


Figura 5