

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 028 732**

51 Int. Cl.:

B03C 1/02	(2006.01)
B03C 1/025	(2006.01)
B03C 1/30	(2006.01)
B03D 1/00	(2006.01)
B03C 1/28	(2006.01)
B03D 1/02	(2006.01)
B03C 1/033	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2019 PCT/AU2019/050800**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2020 WO20024008**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2019 E 19843887 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2025 EP 3829772**

54 Título: **Aparato y procesos para la recuperación mejorada de minerales**

30 Prioridad:

30.07.2018 AU 2018902763
19.12.2018 AU 2018904830

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.06.2025

73 Titular/es:

AUSMETEC PTY LTD (100.00%)
Unit 47, 176 South Creek Road
Cromer NSW 2099, AU

72 Inventor/es:

LUMSDEN, BARRY GRAHAM

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 3 028 732 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

Aparato y procesos para la recuperación mejorada de minerales

5 **CAMPO TÉCNICO**

El presente invento hace referencia a un aparato y un proceso para mejorar la recuperación de minerales de mena y, más particularmente, a un aparato y un proceso que mejora la recuperación de los finos en minerales.

10 **ANTECEDENTES**

En la separación de minerales valiosos de una mena, ya sea por separación por flotación o por gravedad o por algún otro método, se ha encontrado que los minerales finos, los de menos de $20\mu\text{m}$, son los más difíciles de recuperar - consulte la Figura 1 que ilustra la recuperación de minerales por flotación para diferentes tamaños de partículas de sulfuro (Ahmed et al. 1989).

Principalmente, los minerales sulfurosos de metales básicos se recuperan por flotación. Estos minerales $<20\mu\text{m}$ son valiosos y una mayor recuperación de estos minerales mejora significativamente la rentabilidad de estas operaciones.

Investigaciones recientes han demostrado que el acondicionamiento magnético de la alimentación a flotación aumenta la recuperación de estos minerales $<20\mu\text{m}$ (Englehardt et al 2005, Holloway et al 2008, Lacouture et al 2016, Wilding y Lumsden 2011, Musuku et al 2015, Rivett et al. 2007, Zoetbrood et al 2010). Esta tecnología fue patentada en el 2001 (patente de EE.UU. 7429331) y se ha instalado en muchas plantas en todo el mundo.

En la operación de una planta típica, la mena extraída se muele en un molino de bolas, molino SAG y/o molino de trituración fina para producir pequeños minerales donde los minerales valiosos se pueden separar de la mena por flotación. A medida que las menas existentes se agotan, las empresas mineras se ven obligadas a procesar menas más complejas de menor ley. Además, la economía y la tecnología de molienda fina están mejorando, por lo que la combinación de estos dos factores conduce a una molienda más fina en las plantas de flotación para optimizar la separación de minerales valiosos de la mena.

Sin embargo, los minerales muy finos son más difíciles de recuperar. Además, incluso detectar estos minerales muy finos en los flujos de las plantas es más difícil. Las plantas recolectan muestras de sus flujos de proceso para medir el rendimiento de su planta. Sin embargo, el papel de filtro estándar que se utiliza tiene un tamaño de poro de 8-10 μm . Por lo tanto, es probable que algún mineral $<8\mu\text{m}$ pase a través del papel de filtro en las corrientes de flujo del proceso sin ser detectado, no se recupere en la torta de filtración y no se detecte en las corrientes de flujo de la planta. Obviamente, una tecnología de agregación magnética que agrupe minerales finos agruparía algunos de los minerales $<8\mu\text{m}$ a $>8\mu\text{m}$ y, por lo tanto, se filtrarían y detectarían en los flujos de la planta.

Las plantas de procesamiento de minerales también tienen otros procesos de separación aguas abajo de la flotación que pueden ser ineficaces para eliminar minerales $<8\mu\text{m}$ del proceso. En particular, existen procesos de eliminación de agua: el asentamiento (o espesamiento) luego la filtración del concentrado de flotación y el espesamiento de los relaves de flotación. El agua recuperada de estos procesos de eliminación de agua regresa al circuito de molienda u otras partes del proceso aguas arriba de la flotación. Estos procesos de eliminación de agua no son 100% eficientes, por lo que el agua del proceso retiene parte del mineral más fino. Los fabricantes de telas filtrantes afirman recuperar sólo el 95% de minerales $<4\mu\text{m}$ cuando se filtra el concentrado.

El acondicionamiento magnético se ha utilizado en plantas durante muchos años. Existe una relación entre la fuerza del campo magnético y el tamaño de la partícula que se puede agrupar. Esto se puede ver en la Figura 2 de Svoboda, 1987. A medida que aumenta la intensidad del campo magnético (B), se pueden agrupar partículas paramagnéticas más pequeñas.

El diagrama también aclara que en campos de 3000 gauss ($3 \times 10^{-1} \text{T}$) incluso partículas paramagnéticas muy pequeñas $<2\mu\text{m}$ se agruparían con susceptibilidad magnética similar a la hematita. Por lo tanto, se aseguraría la agrupación de una partícula de $10\mu\text{m}$ con una partícula $<2\mu\text{m}$. No hay necesidad de campos más fuertes para la agrupación de partículas de este tamaño de susceptibilidad magnética similar (muchos sulfuros de metales básicos tienen una susceptibilidad magnética similar a la hematita). Por supuesto, este es un gráfico teórico basado en algunas suposiciones razonables que incluyen la forma de las partículas y la homogeneidad de las partículas, pero, sin embargo, dan una indicación razonable de la interacción de las partículas paramagnéticas.

La Figura 2 muestra una descripción generalizada de la energía total de interacción de partículas paramagnéticas ultrafinas en función del tamaño de partícula (a) y la inducción magnética B (Svoboda, 1987). La publicación Wood G. & al, "Improving fine copper and gold flotation recovery: a plant evaluation", Transactions - Institution of Mining and Metallurgy, Section C. Mineral Processing And Extractive Metallurgy, Londres, GB, (2012-11-01), vol. 121, no. 4,

ISSN 0371-9553, páginas 211 – 21 muestra un circuito de recuperación por flotación de acuerdo con la técnica anterior.

5 A pesar de los problemas involucrados en la extracción de las porciones de mineral muy finos en las corrientes de flujo de la planta, es deseable mejorar la proporción de recuperación de la porción fina, particularmente a medida que se procesan cuerpos minerales de menor calidad. También sería deseable reprocesar relaves de cuerpos de mineral procesados previamente.

10 Es un objeto de la presente invención abordar los problemas anteriores o al menos proporcionar una alternativa útil.

Notas

15 El término "comprende" (y variaciones gramaticales del mismo) se usa en esta especificación en el sentido inclusivo de "tener" o "incluir", y no en el sentido exclusivo de "que consiste únicamente en".

La discusión antes mencionada de la técnica anterior en los antecedentes de la invención no es una admisión de que cualquier información discutida en la misma sea una técnica anterior citada o parte del conocimiento general común de las personas expertas en la técnica en cualquier país.

20 RESUMEN DEL INVENTO

Definiciones:

25 **Mineral Fino:** En esta especificación, "mineral fino" significa partículas de mena mineral después de la molienda u otra etapa de procesamiento en el rango de tamaño predominantemente entre cero y sustancialmente 38 μm y más preferentemente entre cero y considerablemente 25 μm .

30 Un objeto de la invención es un método para aumentar la recuperación de una porción de metal a partir de una cantidad predeterminada de mena en un circuito de recuperación por flotación que comprende una etapa de molienda, una etapa de recuperación por flotación, una etapa de drenaje y una etapa de filtrado según la reivindicación 1.

35 Otro objeto de la invención es un sistema para incrementar la recuperación de una porción de metal de una cantidad predeterminada de mena en un circuito de recuperación por flotación que comprende una etapa de molienda, una etapa de recuperación por flotación según la reivindicación 8.

Las modalidades preferidas son objeto de reclamaciones de reivindicaciones dependientes.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, se describirán las modalidades de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

45 Figura 1 Recuperación de minerales por flotación para diferentes tamaños de partículas de sulfuro (Ahmed et al. 1989).

Figura 2 Una descripción generalizada de la energía total de interacción para partículas ultrafinas paramagnéticas en función del tamaño de partícula (a) y la inducción magnética B (Svoboda, 1987)

50 La Figura 3 es un diagrama de bloques de un circuito de procesamiento de minerales aplicable a las modalidades del presente invento.

Las figuras 4A y 4B ilustran el efecto del dimensionamiento del equipo al usar magnetización por anillos de limpieza de acuerdo a una primera modalidad preferida de la presente invención.

55 La figura 5 ilustra el equipo de magnetización de lodos según una primera modalidad preferida del invento.

La Figura 6 muestra el efecto del movimiento combinado de limpieza y corriente de flujo al limpiar la carcasa magnética y eliminar la acumulación de material ferromagnético en la corriente de flujo.

60 La figura 7 es un diagrama de aplicación de modalidades del presente invento en un entorno de proceso.

La figura 8 es una vista seccionada parcial de un aparato para inducir magnetismo de acuerdo con una segunda modalidad del invento.

65

La Figura 9 es un diagrama de bloques de un circuito de procesamiento de minerales aplicable a otras modalidades del presente invento.

5 La Figura 10 es un diagrama de bloques de una etapa de recuperación por flotación que incorpora acondicionamiento magnético de acuerdo con una modalidad adicional del presente invento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

10 Se ha hecho evidente en pruebas recientes que el acondicionamiento magnético está cambiando el mineral paramagnético detectado en diferentes corrientes de flujo AGUAS ARRIBA de la instalación de acondicionamiento magnético. Se estima que el único mecanismo por el cual esto podría ocurrir es si el acondicionamiento magnético está impactando el agua de proceso de la eliminación de aguas que están aguas abajo del acondicionamiento magnético, donde el agua se recicla y luego se reporta aguas arriba del acondicionamiento magnético. Esto no quiere decir que esté afectando a las moléculas de H₂O, sino a los minerales que están suspendidos en el agua. Por lo tanto, los minerales paramagnéticos en suspensión y los minerales paramagnéticos muy finos se ven impactados a medida que pasan el acondicionamiento magnético de modo que el contenido y las características (tamaño por estar agrupado o no agrupado) son diferentes cuando se reciclan en el agua de proceso, comparado cuando no se emplea un acondicionamiento magnético. Esta diferencia se encuentra en la concentración o en el tamaño de las partículas de estos minerales paramagnéticos suspendidos en el agua de proceso reciclada.

20 En los casos en que se ha instalado un acondicionamiento magnético, se han medido dos impactos diferentes AGUAS ARRIBA del proceso con un nivel de confianza estadística muy alto. En primer lugar, se ha detectado una disminución en la cantidad de mineral paramagnético AGUAS ARRIBA del proceso. El mecanismo más probable para esto sería que el acondicionamiento magnético está agregando los minerales paramagnéticos muy finos de <10µm y en los procesos aguas abajo estos minerales concentrados agregados se drenan (filtran y sedimentan) de manera más eficiente, se incorporan al producto final vendible en lugar de al agua de proceso y, por lo tanto, se reduce su concentración en el agua de recirculación de la planta.

30 En segundo lugar, ha habido un aumento que se ha podido medir del mineral paramagnético en el proceso AGUAS ARRIBA. La posible razón de esto es que el acondicionamiento magnético está agrupando minerales paramagnéticos muy finos (calcopirita CuFeS₂), esfalerita (Zn/FeS) u otros minerales de sulfuro paramagnéticos valiosos). Entonces, cuando el agua de proceso recircula conteniendo estos minerales finos donde ha estado operando la agregación magnética, estos minerales se han agrupado de un tamaño de <8-10 µm a un tamaño >8-10 µm; ahora se filtran fuera de los flujos del proceso, se recuperan en la torta de filtración y, por lo tanto, son detectables en las corrientes de flujo de la planta. Mientras que, cuando el acondicionamiento magnético no está funcionando, el mineral <8-10 µm se queda en <8-10 µm, no se filtra del flujo del proceso y, por lo tanto, no se detecta en la planta. El mineral está ahí, pero como no está agrupado no se filtra y por lo tanto no se detecta.

40 Entonces, se postulan dos mecanismos acerca de cómo el acondicionamiento magnético puede afectar los ensayos de plantas AGUAS ARRIBA. Los dos mecanismos tienen un efecto opuesto sobre el mineral paramagnético que recircula en el agua de proceso. Un mecanismo reduce y otro aumenta el metal detectable (y de hecho recuperable) en las corrientes de proceso. Ambos mecanismos están en funcionamiento, pero uno puede predominar sobre el otro. Por tanto, en una planta con escaso espesamiento y filtrado del mineral fino en su concentrado, puede predominar la reducción del mineral recirculado al proceso AGUAS ARRIBA en el agua de proceso. Pero en una planta con un buen espesamiento y filtrado de su concentrado y menos mineral paramagnético en el agua de proceso, la agrupación del mineral <8-10 µm a un tamaño > 8-10 µm que se puede filtrar con acondicionamiento magnético puede aumentar el filtrado y la detección de mineral fino en su proceso AGUAS ARRIBA.

Ejemplos

Ejemplo 1

55 En una mina en Australia que muele hasta un tamaño muy fino (el concentrado es 80%<15 µm), el acondicionamiento magnético redujo la concentración de Zn y Ag en la alimentación hasta en un 5%. La siguiente tabla muestra el% de Zn y Ag en la alimentación de la planta aguas arriba del acondicionamiento magnético. Los resultados son a un nivel de confianza extremadamente alto.

	% Zn en la alimentación a planta	ppm Ag en alimentación a planta
Acondicionamiento Magnético ON	7.58	130
Acondicionamiento Magnético OFF	8.09	136

ES 3 028 732 T3

Diferencia	0.51	6.0
Nivel de Confianza	99.9 %	99

Ejemplo 2

5 En una mina en Canadá que muele bastante grueso (80% <150 µm), el acondicionamiento magnético aumentó el Cu en la alimentación en aproximadamente un 5%. Se puede observar que el aumento provoca un aumento significativo y muy beneficioso del Cu vendible recuperado en el concentrado.

%Cu Resultados	%Cu Results	%Cu en alimentación	Toneladas de Cu en concentrado (normalizado)
Acondicionamiento Magnético ON	Magnetic conditioning ON	0.769	100
Acondicionamiento Magnético OFF	Magnetic conditioning OFF	0.723	94
Diferencia	Difference	0.046	6
Nivel de Confianza	Level of Confidence	99%	99%

Ejemplo 3

10 En una mina en África que muele bastante grueso (80% <110 µm), el acondicionamiento magnético aumentó el % de Cu en la alimentación en aproximadamente un 14% durante un período de 3 meses.

Resultados del %Cu	%Cu en la alimentación a planta
Acondicionamiento Magnético ON	0.87
Acondicionamiento Magnético OFF	0.76
Diferencia	0.011
Nivel de Confianza	95%

Ejemplo 4

15 En una mina en Asia que también muele bastante grueso (80% <110 µm) se llevó a cabo una evaluación del acondicionamiento magnético. No había recirculación de agua del espesador de concentrado de cobre o del filtro de cobre de regreso al circuito de molienda. Durante esta prueba no se midió ningún aumento en el % de Cu en la alimentación con el acondicionamiento magnético a un alto nivel de confianza, pero el acondicionamiento magnético aún aumentó la recuperación de Cu.

	%Cu en la alimentación	% de incremento en la recuperación de Cu
Acondicionamiento Magnético ON	2.07	91.1
Acondicionamiento Magnético OFF	2.11	90.4
Diferencia	0.04	0.7
Nivel de Confianza	Muy bajo	95%

5 En la misma mina, cuando se probó el acondicionamiento magnético en una posición idéntica, la única diferencia es que ahora el agua de los procesos de filtrado y espesamiento aguas abajo se recirculó de regreso al circuito de molienda, el acondicionamiento magnético no solo aumentó la recuperación de Cu sino también hubo un aumento que fue medido en el % de Cu en la alimentación en aproximadamente un 7%.

Resultados del %Cu	%Cu Cyc Oflow	Recuperación %Cu
Acondicionamiento Magnético ON	1.87	90.9
Acondicionamiento Magnético OFF	1.75	90.2
Diferencia	0.11	0.7
Nivel de Confianza	99%	99%

10 Si con el acondicionamiento magnético hay una mayor tasa de recuperación y una mayor cantidad de metal en el flujo de alimentación, esta es una producción mucho mejor de metal para pago; en lugar de una recuperación igualmente mayor con la misma cantidad de metal en el flujo de alimentación.

Ejemplo 5

15 Otros Ejemplos:

En una planta, el % de Zn en la alimentación de la corriente de flujo 14 aumentó en un 3% cuando el acondicionamiento magnético estaba en modo ON a una alta confianza.

Resultados del %Zn	%Zn en la alimentación
Acondicionamiento Magnético ON	6.80
Acondicionamiento Magnético OFF	6.58
Diferencia	0.22
Nivel de Confianza	93%

20 **Ejemplo 6**

25 En otra planta, el % de Cu en la alimentación de la corriente de flujo 14 aumentó cuando el acondicionamiento magnético estaba en modo ON en aproximadamente un 7%.

Resultados del %Cu	%Cu en la alimentación
Acondicionamiento Magnético ON	2.39
Acondicionamiento Magnético OFF	2.22
Diferencia	0.17
Nivel de Confianza	94%

Este es un resultado sorprendente. En primer lugar, es sorprendente que el acondicionamiento magnético pueda estar afectando un proceso AGUAS ARRIBA de su ubicación en el proceso. Esto es inesperado y no se anticipó. En

segundo lugar, es sorprendente porque hay muchos pasos entre el acondicionamiento magnético y el proceso aguas arriba, los cuales se esperaría que rompan algunos grupos que ya están aglomerados. Y, en tercer lugar, es sorprendente que haya cantidades significativas de mineral <10µm en el agua de proceso, esto no es de esperar, si fuera por las plantas, estarían usando papeles de filtro con tamaños de poro más pequeños porque están tratando de medir el verdadero efecto del proceso. La magnitud del cambio con el acondicionamiento magnético es muy sorprendente.

Una posible razón por la que este impacto AGUAS ARRIBA se está detectando ahora, mientras que no se detectó anteriormente es que los campos magnéticos utilizados para el acondicionamiento magnético han aumentado y se puede ver en la Figura 2 que cuanto más fuerte es el campo magnético, serán más las partículas más pequeñas que se agruparán. En los primeros acondicionadores magnéticos, la fuerza del campo en la superficie tenía un campo máximo de 3000-4000gauss. Sin embargo, debido a los desarrollos en las matrices magnéticas, las intensidades del campo magnético de los acondicionadores magnéticos actuales son más de 5000gauss y algunas son tan altas como 7000-8000gauss. Este aumento, aunque no parece significativo en la Figura 2, puede ser muy significativo en las condiciones reales del proceso, dados los supuestos del modelo Svoboda y la realidad de las plantas de proceso.

Ejemplo 7

Se ha establecido que en un entorno en el que el agua regresa del proceso de recuperación por flotación utilizando imanes más fuertes, de hecho, mejora la agrupación y/o flotación de los minerales paramagnéticos <38 micrones.

En una instalación actual en planta, los imanes con intensidades de campo magnético más bajas de alrededor de 4000 gauss se compararon con imanes más fuertes con intensidades de campo magnético de alrededor de 7000 gauss. La recuperación de zinc medida en la torta del filtro de salida 50 de la etapa de filtración 35 aumentó en un 1,6%, y esto se logró con un concentrado final más puro medido en el punto 30 en la figura 3 antes de entrar en la etapa de filtración 35; por lo que se recuperaban menos desechos al concentrado.

Intensidad del Campo Magnético	%Zn en el Concentrado Final	% Recuperación de Zn
4000 gauss en la superficie	48.3	69.6
7000 gauss en la superficie	49.4	71.2

Esto muestra claramente los beneficios de las intensidades de los campos magnéticos más fuertes en la aglomeración de minerales paramagnéticos muy finos que se encuentran en la pulpa de flotación, agua de proceso o en la mejora de la sedimentación y filtrado de minerales paramagnéticos finos.

Las modalidades del invento se refieren al uso de campos magnéticos más fuertes para llevar a cabo el acondicionamiento magnético en un circuito de recuperación de flotación que devuelve el agua de proceso recuperada a la etapa de molienda y, al hacerlo, no solo impacta la recuperación de flotación sino el acondicionamiento magnético del circuito de flotación, también impactando un cambio sorprendente en la ley de alimentación AGUAS ARRIBA debido al acondicionamiento magnético.

Primera Modalidad Preferida

Con referencia a la Figura 3, se ilustra un diagrama de bloques de un circuito de procesamiento de minerales aplicable a las modalidades del presente invento.

Con referencia a la figura 8, se ilustra un aparato alternativo para inducir magnetismo en la corriente de flujo.

El aparato que se ilustra y describe con respecto a las figuras 4 a 7 puede estar ubicado en la etapa de acondicionamiento magnético 40 ilustrada en el diagrama de proceso de la figura 3. El aparato hace que la fuente magnética 10 aplique un rango aumentado de intensidad de campo magnético a la porción de mena molida durante esta etapa provoca de ese modo una mayor recuperación mediante una recuperación mejorada en la etapa de flotación 31 que surge del rango aumentado de intensidad del campo magnético; el proceso que interactúa con el agua de proceso recuperada, en la que está contenida la porción de mena molida.

De preferencia, la intensidad del campo magnético aplicada es de al menos 4500 Gauss. Más preferiblemente, la intensidad del campo magnético está en el rango de 4500 a 10000 Gauss. Más preferiblemente, la intensidad del campo magnético está en el rango de 5000 a 10000 Gauss.

En un aspecto adicional con referencia a la discusión en la técnica anterior, ahora se describirá un aparato y una metodología para maximizar la inducción magnética en la corriente de flujo de la pulpa maximizando la fuerza de

inducción magnética de la fuente magnética y minimizando la distancia. entre la fuente magnética y la corriente de flujo de la suspensión con un mecanismo de limpieza ferromagnético que mantiene la fuente magnética en una posición estacionaria dentro de la corriente de flujo para maximizar el tiempo de residencia de la suspensión en el campo magnético.

5 La importancia de la mayor intensidad de campo debido a la limpieza del limpiador y el mayor tiempo de residencia en el campo magnético debido a la activación continua de la fuente magnética en la corriente de flujo de la suspensión permite una mayor magnetización y agrupación de las partículas minerales y menores requisitos de equipo, mejorando así el proceso global. Esto se representa esquemáticamente en las Figuras 4A, 4B. Las Figuras 10 4A, 4B ilustran el efecto del dimensionamiento del equipo sobre el uso de magnetización del limpiador. En el proceso de limpieza, el imán se puede desactivar durante el 25% -35% del tiempo para limpiar el imán. Con esta invención, debido a que no se produce la desactivación de la fuente magnética, el número de fuentes magnéticas se puede reducir en un 25% -35%.

15 En este caso, la disposición de la Figura 4A muestra una disposición de fuentes magnéticas 1 en una matriz dentro de un volumen de tratamiento predeterminado 2. En este caso, hay nueve fuentes destinadas a lograr un nivel predeterminado de irradiación magnética de una corriente de flujo 3 que pasa a través de allí.

20 La figura 4B ilustra el mismo volumen de tratamiento predeterminado 2 esta vez con fuentes magnéticas 4 que tienen puestos unos limpiadores (consulte la descripción anterior) que limpian mecánicamente el exterior de las fuentes 4 mientras que las fuentes 4 se retienen dentro de la corriente de flujo 3 de forma continua. Como se ha descrito anteriormente y con referencia a las realizaciones descritas posteriormente, un número menor de fuentes 4 puede lograr el mismo nivel de irradiación magnética para el mismo volumen de tratamiento 2 predeterminado.

25 En un aspecto adicional, de nuevo con referencia a la discusión en la técnica anterior, ahora se describirán aparatos y métodos alternativos para limpiar la carcasa de la fuente magnética que no requiere la desactivación de la fuente magnética y no afecta el movimiento de la fuente magnética. dentro y fuera de la pulpa y, por lo tanto, permite maximizar la magnetización del flujo de la pulpa.

30 Un mecanismo de limpieza para limpiar la acumulación de minerales ferromagnéticos.

Este método de limpieza tiene estas ventajas:

- 35 - Se pueden lograr inducciones magnéticas más altas porque el imán está más cerca de la pulpa. Una carcasa de acero inoxidable puede ser tan delgada como 1 mm con un revestimiento de desgaste de 1 mm, mientras que, para un imán en movimiento, existe la tolerancia para el movimiento, se requiere una carcasa de acero inoxidable más gruesa debido a la masa movida, también se requieren guías resistentes al desgaste y el grosor de un revestimiento de desgaste todo en conjunto asciende a unos 10 mm.
- 40 - Se pueden utilizar fuentes magnéticas más grandes, más pesadas y, por lo tanto, más fuertes aumentando la inducción magnética de la pulpa.
- Se requiere menos energía para limpiar que para levantar un imán pesado.
- Menor costo de producción.
- La limpieza de la fuente magnética es más rápida ya que no se requiere ningún movimiento del imán, por lo que el imán no pierde tiempo fuera de la pulpa y ésta se magnetiza mejor.
- 45 - Operación más segura con menor exposición potencial al campo magnético.
- Menores costos de mantenimiento.
- Más flexibilidad en los diseños de imanes porque el imán no se mueve ni está unido a un pistón.

50 Este método preferido hace referencia a las Figuras 4A, 4B, 5, 6 funciona porque la fuente magnética 10 está alojada en una carcasa de acero inoxidable 11 con un revestimiento de caucho muy fino resistente a la abrasión y un raspador de acero inoxidable revestido de caucho 12 en un pistón. 13 moviéndose verticalmente hacia arriba y hacia abajo por la cara externa 11 de la carcasa magnética 11. La fuente magnética 10 en la carcasa 11 con el raspador 12 acoplado se encuentra en la corriente de flujo de la lechada 14. A medida que el raspador 12 se mueve sobre la cara de la carcasa magnética 11 perturba y desaloja el material ferromagnético 15 que se ha acumulado, mientras sigue atraído por el imán. La fuerza de la corriente de flujo 14 en movimiento es suficiente para forzar el material magnético 15 de regreso a la corriente de flujo 14 y lejos de la fuente magnética 10, limpiando así la acumulación de material magnético 15 en la carcasa magnética 11.

60 Un mecanismo de limpieza combinado con el lavado de corriente de flujo que limpia la acumulación de minerales ferromagnéticos.

Este método de limpieza tiene estas ventajas:

- 65 - Se pueden lograr mayores inducciones magnéticas porque el imán está más cerca de la pulpa. Una carcasa de acero inoxidable puede ser tan delgada como 1 mm con un revestimiento de desgaste de 1 mm, mientras que, para un imán móvil, existe la tolerancia para el movimiento, se requiere una carcasa de acero inoxidable más gruesa y el grosor de un revestimiento de desgaste todo suma alrededor de 10 mm.
- Se requiere menos energía para limpiar que para levantar un imán pesado

ES 3 028 732 T3

- Menor costo de producción y mantenimiento.
- Uno o varios limpiadores significan que la limpieza de la fuente magnética es más rápida ya que no se requiere movimiento del imán, por lo que el imán no pierde tiempo fuera de la pulpa y ésta se magnetiza mejor
- 5 - Operación más segura con menor exposición potencial al campo magnético
- Más flexibilidad en los diseños de imanes ya que el imán no se mueve ni está unido a un pistón.
-

10 La figura 6 ilustra el equipo de magnetización de la pulpa de acuerdo a una materialización preferida de la invención. Los componentes similares están numerados como para la materialización descrita anteriormente con referencia a la figura 5.

15 La figura 6 muestra el efecto del movimiento combinado de limpieza y corriente de flujo al limpiar la carcasa magnética y eliminar la acumulación de material magnetizado incluyendo material ferromagnético en la corriente de flujo.

20 Este método (consulte la Figura 6) funciona porque la fuente magnética 10 está alojada en una carcasa delgada de acero inoxidable 11 (1 mm) con un revestimiento de caucho muy delgado (1 mm) y uno o más limpiadores o raspadores de acero inoxidable revestidos de caucho 12 montados sobre un pistón 13 que se mueve verticalmente hacia arriba y hacia abajo por la cara externa 11 de la carcasa magnética 11. La fuente magnética 10 en la carcasa 11 con el raspador 12 acoplado se encuentra en la corriente 14 de la suspensión. A medida que el raspador 12 se mueve sobre la cara 11 de la carcasa magnética 11 perturba y desaloja el material ferromagnético 15 que se ha acumulado, mientras sigue siendo atraído por el imán. La fuerza de la corriente de flujo 14 en movimiento, que es generalmente y muy ventajosamente perpendicular al movimiento del limpiador combinado con la acción del mecanismo de limpieza, es suficiente para forzar el material magnético 15 de regreso a la corriente de flujo y alejándolo de la fuente magnética 10, limpiando así la acumulación de material magnético 15 en la carcasa magnética 11.

30 Los caudales variarán dependiendo de la planta. Los caudales típicos pueden estar en el rango de 20m³/hr a 5000m³/hr.

EN USO

35 Con referencia a las Figuras 3, 7 y 9, se ilustran esquemáticamente posibles escenarios de uso para una o más modalidades descritas anteriormente. En uso en una planta de procesamiento de mineral típica, una corriente de flujo 14 que contiene partículas de mineral valioso pasa a una etapa de acondicionamiento magnético en este caso en forma de cámara de procesamiento 18 que tiene al menos una fuente magnética 10 ubicada en la misma. La fuente 10 tiene un campo magnético 23 de alta intensidad que puede caer bruscamente con la distancia desde la fuente, como se ilustra en el gráfico de inserción de la figura 7. Con este fin, una carcasa 11 de pared delgada que tiene una cara externa 11 a sólo una distancia relativamente corta de la fuente magnética 10 se utiliza para maximizar el campo de alta intensidad al que está expuesta la corriente de flujo 14 cuando pasa a través de la cámara 18. En una forma, la fuente magnética 10 está equipada con un raspador 12 (consulte las Figuras 5, 6) o disposición similar para desalojar periódicamente el material que pueda haberse acumulado en la cara 11. La corriente de flujo 14 y una parte sustancial de las partículas valiosas de mineral arrastradas dentro de ella, incluido cualquier material desalojado 15, continúa hacia un tanque de tratamiento adicional 19 donde el mineral valioso puede separarse del flujo 14 mediante un proceso de flotación en el que las partículas 20 agrupadas débilmente magnéticas flotan activamente en la espuma 21 se puede minimizar. En una realización de partículas adicional, aquellas partículas magnéticas agrupadas débilmente no seleccionadas por el proceso de flotación en el tanque 19 ni arrastradas en la espuma pueden pasar a otro tanque de tratamiento o tanques 19A, 19B (consulte la figura 9) donde se puede instigar un proceso de flotación adicional y en el que se puede seleccionar una partícula objetivo diferente para la flotación, o las partículas magnéticas agrupadas débilmente pueden pasar a un tanque de sedimentación 22 para la eliminación de agua y a los relaves 38. Se apreciará que la etapa de acondicionamiento magnético debe ser colocada para operar en la corriente de flujo 14 antes de que se produzca un procesamiento significativo en el proceso de flotación para optimizar el efecto de la etapa de acondicionamiento magnético 40.

55 En este caso, colocar la etapa de acondicionamiento magnético con anticipación en la etapa de recuperación por flotación respalda un método para incrementar la recuperación de la porción de metal de la cantidad predeterminada de mena; dicho método comprende aplicar un campo magnético a la porción de mena molida en una etapa de acondicionamiento magnético mientras está contenida en el agua de proceso recuperada después de la etapa de molienda y antes de la etapa de recuperación por flotación.

60 Con referencia a la Figura 10, se ilustra una disposición específica de la cámara de procesamiento 19 que tiene al menos una fuente magnética 18 colocada en el circuito entre la etapa de molienda y antes de la etapa de recuperación por flotación. En este caso, ocho de tales fuentes magnéticas 18 se colocan dentro de una primera celda de flotación 19 y se distribuyen uniformemente por todas partes. En este caso, la primera celda de flotación 19 contiene un agitador 60 que ayuda a hacer circular la pulpa dentro de la primera celda de flotación 19. Cualquier

concentrado 30 es enviado a la etapa de filtrado 35 y el resto, en este caso, se envía a una celda de flotación adicional 19A y desde allí, en este caso, hasta otra celda de flotación 19B.

5 Con referencia a la Figura 3, el filtrado 30 del proceso de recuperación por flotación 31 efectuado dentro de la etapa de recuperación por flotación 31 o al menos una parte del mismo puede ser recirculado a través de la línea de retorno 32 a la etapa de molienda 33.

La torta de filtración 50 que surge de la etapa de filtración 35 sale del proceso como producto vendible.

10 La corriente de drenaje de relaves 36 del proceso de recuperación por flotación 31 o al menos una parte del mismo también pasa a la línea de retorno 32 como parte del sistema de recirculación del agua de proceso. Los sólidos 37 sedimentados y deshidratados del proceso 37 de drenaje salen a una presa de relaves 38 o depósito similar.

15 Se postula que hay dos efectos en el funcionamiento del flujo ascendente 14 del acondicionamiento magnético debido al aumento de la intensidad del campo magnético.

20 Se postula que estos efectos tienen los siguientes impactos: donde se ha instalado el acondicionamiento magnético, se han medido dos impactos diferentes AGUAS ARRIBA del acondicionamiento magnético a una confianza estadística muy alta en la alimentación de la planta 14.

25 En primer lugar, para una composición de alimentación entrante constante, se ha detectado una disminución en la cantidad de mineral paramagnético en el proceso AGUAS ARRIBA cuando el acondicionamiento magnético está activado en comparación cuando el acondicionamiento magnético está desactivado. El mecanismo más probable para esto sería que el acondicionamiento magnético está agrupando los minerales paramagnéticos muy finos <math><10\mu\text{m}</math> y en los procesos posteriores estos minerales concentrados agrupados se desaguan (filtran y sedimentan) de manera más eficiente y, por lo tanto, su concentración en la corriente de agua de la planta de recirculación 32 se reduce [esta postulación está ejemplificada por el ejemplo 1 anteriormente en la especificación - a pesar de la reducción del mineral paramagnético en la alimentación AGUAS ARRIBA, la cantidad de porción de metal útil recuperada en la salida 50 del proceso aumenta - consulte la Fig. 3].

30 En segundo lugar, para una composición de alimentación entrante constante, se ha detectado un aumento medido en el mineral paramagnético en el proceso AGUAS ARRIBA cuando el acondicionamiento magnético está activado en comparación cuando el acondicionamiento magnético está desactivado. La posible razón de esto es que el acondicionamiento magnético está agregando minerales paramagnéticos muy finos (calcopirita CuFeS_2), esfalerita (Zn/FeS) u otros minerales de sulfuro paramagnéticos valiosos). Entonces, cuando el agua de proceso recircula 32 conteniendo estos minerales finos donde la agrupación magnética ha estado operando, estos minerales se han agrupado desde un tamaño de $<8-10\mu\text{m}</math> a un tamaño $>8-10\mu\text{m}</math>; ahora se filtran fuera de las corrientes de proceso, se recuperan en la muestra de alimentación (14) y se pueden detectar en las corrientes de flujo de la planta. Mientras que, cuando el acondicionamiento magnético no está funcionando, el mineral $<8-10\mu\text{m}</math> permanece $<8-10\mu\text{m}</math>, no se filtra del flujo de proceso y, por lo tanto, no se detecta en la planta. El mineral está allí, pero debido a que no está agrupado no se filtra y, por lo tanto, no se detecta en el muestreador de planta (14) [esta postulación se ejemplifica en el ejemplo 2 - 6 anteriormente en la especificación - el aumento de mineral paramagnético en la alimentación AGUAS ARRIBA brinda una mayor oportunidad para la recuperación de la porción de metal mediante la cual se incrementa la cantidad de porción de metal útil recuperada en la salida 50 del proceso - consulte la Fig. 3].$$$$

45 En resumen, se postula que existen dos mecanismos en cuanto a cómo el acondicionamiento magnético puede afectar los ensayos en la planta AGUAS ARRIBA. Los dos mecanismos tienen un efecto opuesto sobre el mineral paramagnético que recircula en el agua de proceso. Un mecanismo reduce y otro aumenta el metal detectable (y de hecho recuperable) en las corrientes de proceso. Ambos mecanismos están en funcionamiento, pero uno puede predominar sobre el otro.

Segunda Modalidad Preferida

55 Con referencia a la figura 8, se ilustra un aparato alternativo para inducir magnetismo en la corriente de flujo..

60 El aparato ilustrado y descrito puede estar ubicado en la etapa de acondicionamiento magnético 40 ilustrada en el diagrama de proceso de la Figura 3. El aparato hace que la fuente magnética 10 aplique un rango de intensidad del campo magnético aumentado a la porción de mineral molido durante esta etapa. para provocar de ese modo una mayor recuperación mediante una recuperación mejorada en la etapa de flotación 31 que surge del rango aumentado de intensidad del campo magnético; el proceso que interactúa con el agua de proceso recuperada en la que está contenida la porción de mena molido.

65 En una forma preferida, la intensidad del campo magnético aplicada es de al menos 4500 Gauss. Más preferiblemente, la intensidad del campo magnético está en el rango de 4500 a 10000 Gauss. Más preferiblemente, la intensidad del campo magnético está en el rango de 5000 a 10000 Gauss.

En una modalidad preferida, la presente invención proporciona un aparato 110 para inducir magnetismo en una corriente 112 de flujo de un material 114 de alimentación particulado al menos parcialmente magnetizable suspendido en un líquido. El material de alimentación incluye típicamente una mezcla de partículas paramagnéticas y ferromagnéticas presentes con otros minerales de ganga diamagnéticos o no magnéticos en una suspensión acuosa. Las partículas paramagnéticas generalmente requieren un campo magnético de alto gradiente para magnetizarse. Algunos minerales de sulfuro que contienen cobre (como calcopirita), zinc (como esfalerita contaminada con hierro) u otros metales de transición son paramagnéticos. Las partículas ferromagnéticas incluyen minerales de óxido de hierro (como magnetita) y partículas de hierro metálico (de medios de molienda desgastados, por ejemplo).

Con referencia a la figura 8, el aparato 110 incluye una cámara de tratamiento en forma de un recipiente 116 de forma anular con una entrada 118 superior y una salida 120 inferior a través de las cuales una corriente de flujo de la mezcla mineral mencionada anteriormente puede fluir hacia adentro y hacia afuera del recipiente 116 respectivamente con algún tiempo de residencia en el mismo. El aparato también se puede utilizar en modo "por lotes" y no requiere una corriente de flujo continuo de la mezcla de la suspensión mineral. Además, la entrada 118 superior o la salida 120 más inferior pueden ser una entrada o una salida, es decir, el flujo se puede invertir en el aparato 110.

El recipiente de la cámara incorpora un rebaje alargado central 122. Una fuente magnética puede activarse selectivamente para inducir magnetismo en al menos una parte del material de alimentación en partículas 114 ubicado en el recipiente 116 mediante el movimiento de la fuente magnética hacia adentro y hacia afuera de la proximidad con el recipiente 116. En una modalidad preferida, la fuente magnética es al menos un imán permanente montado sobre un medio motriz en forma de un pistón que está conectado a un mecanismo de accionamiento de modo que el pistón puede moverse de manera recíproca hacia adentro y hacia afuera del rebaje 122. En una realización preferida, el pistón 124 tiene forma cilíndrica, con un diámetro de aproximadamente 300 milímetros y está equipado con una serie de imanes permanentes insertados 126 que tienen forma cuadrada y una dimensión lateral de 50 milímetros, hechos de neodimio u otros materiales. El diámetro del rebaje 122 en el recipiente 116 es de 800 milímetros.

En otras modalidades, los imanes permanentes pueden ser de cualquier forma, tamaño o material y el pistón no necesita ser cilíndrico, sino que puede tener una sección transversal cuadrada o triangular, por ejemplo, y de cualquier longitud total. Los medios por los cuales el pistón se mueve alternativamente con respecto al recipiente pueden incluir cualquier tipo de accionamiento, incluyendo una leva, un resorte, un cilindro de aire (128, como se ilustra) o un eje giratorio excéntrico, etc.

En otras modalidades más, el movimiento relativo del recipiente y la fuente magnética no necesita implicar que un pistón se apoye en una hendidura de un recipiente. La fuente magnética solo necesita acercarse al recipiente, por ejemplo, moviéndola cerca a un lado de un recipiente para que un campo magnético pueda magnetizar los materiales particulados ubicados en el recipiente. En otras modalidades, el propio recipiente puede moverse en relación con un imán estacionario. El recipiente puede tener cualquier forma, tamaño y orientación particulares para facilitar que la fuente magnética se acerque al contenido del recipiente.

El aparato 110 descrito permite la introducción de un campo magnético de alto gradiente para magnetizar eficazmente tanto las partículas magnéticas débiles como las fuertemente magnéticas 114 para la posterior eliminación de todas las partículas mediante la sedimentación por gravedad mejorada o la separación de las partículas magnéticas débilmente mediante técnicas tales como la flotación. Cuando el pistón 124 que lleva los imanes 126 se mueve dentro de la hendidura 122 del recipiente 116, las partículas 114 magnéticas tanto débil como fuertemente magnéticas son atraídas y migran hacia la parte de la cara interior del recipiente 116 que linda con la hendidura 122 alargada interna. Entonces, las partículas se magnetizan, al menos en parte. Cuando el pistón 124 que lleva los imanes 126 se mueve fuera de la hendidura 122, los depósitos de material particulado magnetizado 114 ya no se mantienen en la cara interior por atracción magnética y se disipan principalmente por la corriente 112 de flujo de material de alimentación en el recipiente 116. Dependiendo de la ubicación y orientación de los puertos de entrada y salida, el contenido del recipiente puede desarrollar un movimiento de fluido en remolino (ilustrado en el dibujo por una flecha en el recipiente 116).

La disipación de sólidos puede reducir la posibilidad de que se desarrollen restricciones de flujo en el recipiente y mejorar la eficacia del imán o los imanes.

En otras modalidades más, se puede activar selectivamente una fuente magnética para inducir el magnetismo en al menos parte del material de alimentación en partículas ubicado en el recipiente mediante el uso de electroimán/es ubicados cerca del recipiente. La corriente de suministro alimentada al electroimán/es se puede encender y apagar repetidamente para proporcionar el mismo efecto que si se moviera un imán permanente dentro y fuera de la proximidad del recipiente. En otras modalidades más, el campo de un imán permanente se puede desviar o bloquear moviendo una barrera de campo magnético entre el imán permanente y el recipiente que contiene las partículas magnetizables.

El ciclo o frecuencia de movimiento de la fuente magnética puede ser iniciado por un dispositivo de sincronización o por sensores que detectan la masa de partículas acumuladas 130. La medición de esta masa puede realizarse determinando la interferencia al campo magnético o midiendo la resistencia al flujo de la suspensión de partículas a medida que aumenta la masa de partículas 130.

En el caso del material de alimentación paramagnético, los inventores han descubierto sorprendentemente que el magnetismo inducido puede hacer que al menos algunas de las partículas paramagnéticas magnetizadas se agrupen en la corriente de flujo líquido. Los inventores han observado que las partículas paramagnéticas agrupadas permanecen agrupadas durante al menos varias horas y que las partículas agrupadas pueden sobrevivir a etapas de tratamiento adicionales en un proceso de separación de minerales tales como bombeo y agitación. En una alimentación con materiales particulados de una gama de susceptibilidades magnéticas, el aparato preferido se puede operar de manera que facilite la separación posterior de la fracción de material de alimentación paramagnético magnetizado de la fracción de material de alimentación ferromagnético magnetizado. La fracción de alimentación paramagnética magnetizada también se puede separar de los minerales de ganga no magnéticos o diamagnéticos.

En el trabajo experimental, se utilizó un proceso de separación por flotación en varios minerales finamente molidos (típicamente con el 80% de las partículas de mineral de un tamaño de partícula inferior a 100 micrómetros de diámetro) para separar el material de alimentación paramagnético magnetizado en una fase de espuma.

Los resultados experimentales han demostrado buenos aumentos en la recuperación de minerales de sulfuro por flotación debido al uso de la etapa de tratamiento por magnetización antes de la etapa de flotación. Los inventores creen que las partículas paramagnéticas muy finas (por ejemplo, <10 micrómetros de diámetro), que normalmente exhiben velocidades de flotación y recuperaciones pobres, una vez magnetizadas, pueden agruparse para dar un diámetro de partícula "efectivo" (coagulado) de más de 10 micrómetros. Dichos agregados pueden exhibir una buena tasa de flotación y características de recuperación debido a razones hidrodinámicas tales como una mejor adhesión a las burbujas de aire ascendentes en una celda de flotación.

El uso de reactivos colectores de minerales de sulfuro tales como xantatos o ditiofosfatos puede asegurar que las superficies de las partículas minerales paramagnéticas se vuelvan hidrófobas y se adhieran más fácilmente a la superficie de las burbujas de aire ascendentes en la celda de flotación. Normalmente, las partículas ferromagnéticas en una mezcla de partículas de minerales paramagnéticos y ferromagnéticos se rechazan en un proceso de flotación (que no tienen afinidad por los recolectores de xantato o ditiofosfato) y se reportan a la ganga o los relaves. En los experimentos llevados a cabo, los reactivos colectores de minerales de sulfuro utilizados estaban presentes en el tanque de tratamiento de magnetización 16 antes de cualquier paso de flotación posterior. En experimentos en los que no se aplicó ninguna etapa de tratamiento magnético antes de la etapa de flotación, la alimentación al colector de mineral de sulfuro que contenía flotación todavía se pasó a través del tanque 16 antes de pasar al aparato de flotación posterior. El aparato de flotación utilizado puede comprender cualquier tipo estándar de celda de flotación agitada, columna de flotación o circuito de flotación.

Como ejemplo de las mejoras que este aparato y proceso han proporcionado sobre lo ya conocidos en la técnica anterior, se presentan ahora los resultados experimentales producidos usando la flotación por espuma convencional con y sin la etapa de pretratamiento de la invención.

El presente aparato puede permitir la introducción de un campo magnético de gradiente muy alto para magnetizar eficazmente las partículas magnéticas tanto débil como fuertemente. Cuando se activa la fuente magnética, tanto las partículas magnéticas débiles como las fuertemente magnéticas son atraídas hacia esa fuente magnética y se magnetizan, al menos en parte. Los aparatos y métodos anteriores no han permitido el uso de campos magnéticos de gradiente muy alto debido al problema de la sedimentación de material de alimentación magnetizado alrededor de la fuente magnética y al bajo grado de magnetización de las partículas débilmente magnéticas.

El recipiente y el pistón pueden estar hechos de cualquier material de construcción adecuado que se desgaste apropiadamente y que pueda moldearse, formarse y ajustarse de las formas descritas, tales como metal, aleación de metal, plásticos duros o cerámica.

Debe entenderse que, si se hace referencia a cualquier información de la técnica anterior en este documento, dicha referencia no constituye una admisión de que la información forma parte del conocimiento general común en la técnica, en Australia o en cualquier otro país.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a modalidades preferidas, se debe tener en cuenta que la invención se puede realizar de muchas otras formas.

Lo anterior describe solo algunas modalidades del presente invento y se pueden realizar modificaciones a la misma sin apartarse de las reivindicaciones adjuntas.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

Las modalidades de la presente invención son aplicables en plantas de procesamiento de minerales con miras a mejorar la proporción de recuperación de finos.

5 **REFERENCIAS**

1. Ahmed, N and Jameson, G, 1989. Flotation kinetics, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 50:77-99.
- 10 2. Engelhardt, D, Ellis, K and Lumsden, B, 2005. Improving fine sulphide mineral recovery – Plant evaluation of a new technology, in *Proceedings Centenary of Flotation Symposium*, pp 829-834 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne)
3. Holloway, B, Clarke, G, and Lumsden, B, 2008, Improving fine lead and Ag flotation recovery at BHP-Billiton's Cannington mine, Paper presented at the 40th Canadian Mineral Processors Conference, Ottawa, January 2008.
- 15 4. Lacouture, B, Wilson, B, Oliver, J, and Lumsden, B, 2016. Improving fine sulphide mineral recovery at the Red Dog operation, paper presented to XXVIII International Mineral Processing Congress (IMPC), Quebec City, September 11-15.
- 20 5. Musuku, B, Muzinda, I, and Lumsden, B, (2015). Cu-Ni processing improvements at First Quantum's Kevitsa mine, *Min Eng*, 88: pp 9-17.
6. Napier-Munn, T, 2010. Designing and analysing plant trials, in *Flotation Plant Optimization*: (ed: C Greet), pp 175-190 (The Australian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).
- 25 7. Thompson, M, 2016. Concentrate Thickeners Feed Well Replacement, in *Proceedings of the 13th Mill Operators' Conference*, pp 273-278 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).
8. Rivett, T, Wood, G and Lumsden, B, 2007. Improving fine Cu and gold flotation recovery – a plant evaluation, in *Proceedings of the Ninth Mill Operators' Conference*, pp 223-228 (The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne).
- 30 9. Svoboda, J. 1987. *Magnetic Methods for the Treatment of Minerals*, (Elsevier: Amsterdam).
- 35 10. Wilding, J and Lumsden, B, 2011. Implementation of magnetic conditioning in two stage sequential Cu-Zn flotation separation, in *Proceedings of the Conference of Metallurgists*, pp139-148 (Metallurgy and Materials Society: Quebec).
- 40 11. Zoetbrood, D, Vass, P and Lumsden, B, 2010. Magnetic conditioning of pentlandite flotation – plant evaluation, paper presented at *Processing of Nickel Ores and Concentrates*, Falmouth, June 2010.

REIVINDICACIONES

1. Método para aumentar la recuperación de una porción de metal a partir de una cantidad predeterminada de mineral en un circuito de recuperación por flotación que comprende una etapa de molienda (33), una etapa de recuperación por flotación (31), una etapa de deshidratación (37) y una etapa de filtrado (35) y que se llevan a cabo en las etapas de:
- 5 moler una cantidad predeterminada de mineral en la etapa de molienda (33) hasta un tamaño predeterminado mientras se irriga la mena del mineral con agua que incluye agua de proceso recuperada para formar de ese modo una porción de mena de mineral molida;
- 10 transportar la porción de mineral de mena molida mezclada con el agua de proceso recuperada a la etapa de recuperación por flotación (31);
- el agua de proceso recuperada después de la etapa de recuperación por flotación (31) de la etapa de deshidratación (37) o la etapa de filtrado (35);
- 15 aplicar recuperación de flotación a través de la etapa de flotación a la porción de mineral de mena molida para extraer de ese modo una porción de metal recuperada de una mezcla del agua de proceso recuperada y la porción de mineral de mena molida;
- devolver al menos una porción del agua de proceso recuperada a la etapa de molienda (33);
- comprendiendo dicho método la aplicación de un campo magnético a la porción de mineral de mena molida en una etapa de acondicionamiento magnético (40) mientras está contenida en el agua de proceso recuperada posterior a la etapa de molienda (33) y antes de la etapa de recuperación por flotación (31) para mejorar la recuperación de los minerales paramagnéticos deseados mediante la agregación de los minerales paramagnéticos;
- 20 y en donde la intensidad del campo magnético aplicada a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) es de al menos 4500 Gauss.
- 25
2. El método de la reivindicación 1 en el que la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) está en el rango de 4500 Gauss a 10000 Gauss.
- 30
3. El método de la reivindicación 1 en el que la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) está en el rango de 5000 Gauss a 10000 Gauss.
- 35
4. El método de la reivindicación 1 en el que la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) está en el rango de 6000 Gauss a 12000 Gauss.
- 40
5. El método de la reivindicación 1 en el que al menos una parte del agua de proceso recuperada se devuelve a la etapa de molienda (33) como salida de un proceso de separación de agua y minerales posterior a la etapa de flotación.
6. El método de la reivindicación 5 en el que el proceso de separación de agua y minerales comprende filtración y/o espesamiento.
- 45
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones del 1 al 6 en el que el proceso de separación agua-mineral se localiza aguas abajo de la etapa de recuperación por flotación (31) y de la etapa de acondicionamiento magnético (40).
- 50
8. Un sistema para aumentar la recuperación de una porción de metal a partir de una cantidad predeterminada de mena en un circuito de recuperación por flotación que comprende una etapa de molienda (33), una etapa de recuperación por flotación (31) y que se lleva a cabo en las etapas de
- moler una cantidad predeterminada de mineral de mena hasta un tamaño predeterminado en la etapa de molienda (33) mientras se irriga el mineral de mena con agua que incluye agua de proceso recuperada para formar de ese modo una porción de mineral de mena molida;
- 55 transportar la porción de mineral de mena molida mezclada con el agua de proceso recuperada a la etapa de recuperación por flotación (31);
- aplicando recuperación de flotación a la porción de mineral de mena molida para extraer de ese modo una porción de metal recuperada de una mezcla del agua de proceso recuperada y la porción del mineral de mena molida;
- 60 devolver al menos una parte del agua de proceso recuperada a la etapa de molienda (33);
- ; dicho sistema aplicando un campo magnético a la porción de mineral de mena molida en una etapa de acondicionamiento magnético (40) mientras está contenida en el agua de proceso recuperada posterior a la etapa de molienda (33) y antes de la etapa de recuperación por flotación (31);
- 65 y en donde la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) es de al menos 4500 Gauss; el sistema mejora la recuperación de los minerales paramagnéticos deseados mediante la agregación de los minerales paramagnéticos para mejorar de

ES 3 028 732 T3

ese modo la recuperación de los procesos de separación de agua y minerales aguas abajo.

- 5 9. El sistema de la reivindicación 8 en el que la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) está en el rango de 4500 Gauss a 10000 Gauss.
- 10 10. El sistema de la reivindicación 8 en el que la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral de mena molida en la etapa de acondicionamiento magnético (40) está en el rango de 5000 Gauss a 10000 Gauss.
- 15 11. El sistema de la reivindicación 8 en el que la intensidad del campo magnético aplicado a la porción de mineral molido en la etapa de acondicionamiento magnético (40) está en el rango de 6000 Gauss a 12000 Gauss.
12. El sistema de la reivindicación 8 en el que al menos una parte del agua de proceso recuperada se devuelve a la etapa de molienda (33) como salida de un proceso de separación de agua y minerales.
- 20 13. El sistema de la reivindicación 12 en el que el proceso de separación de agua y minerales comprende filtración y/o espesamiento.
14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones del 8 al 13 en el que el proceso de separación agua-mineral se ubica aguas abajo de la etapa de recuperación por flotación (31) y de la etapa de acondicionamiento magnético (40).

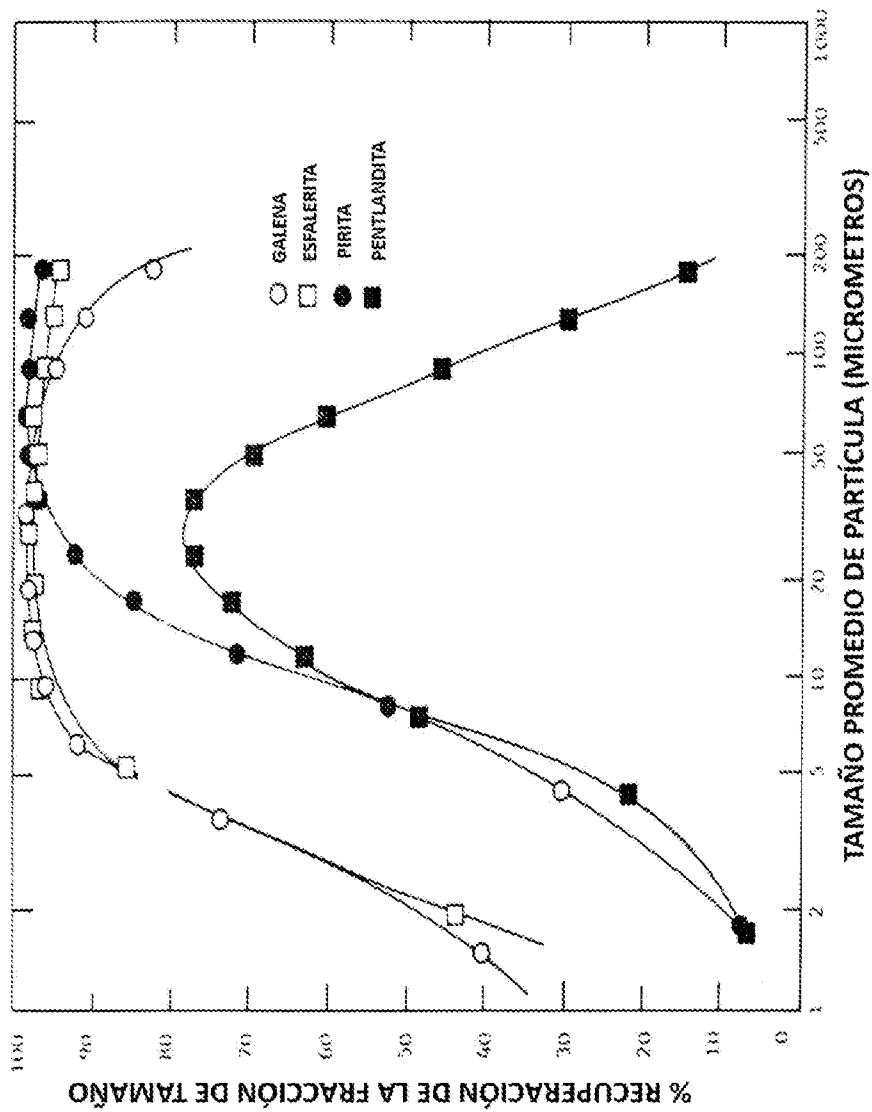


FIG 1

Recuperación de minerales por flotación de los diferentes tamaños de partículas de sulfuros (Ahmed et al. 1989)

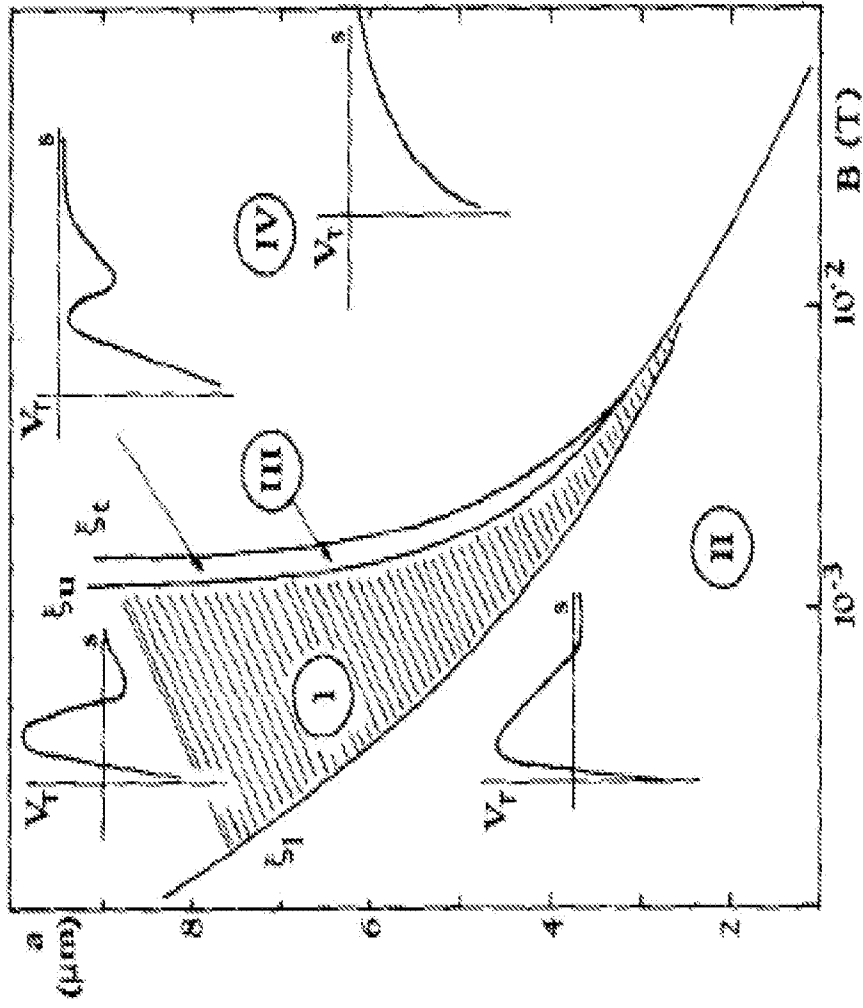


FIG 2

Descripción generalizada de la energía total de interacción para las partículas magnéticas ultra finas en función del tamaño de partícula (a) y la inducción magnética B (Svoboda, 1987)

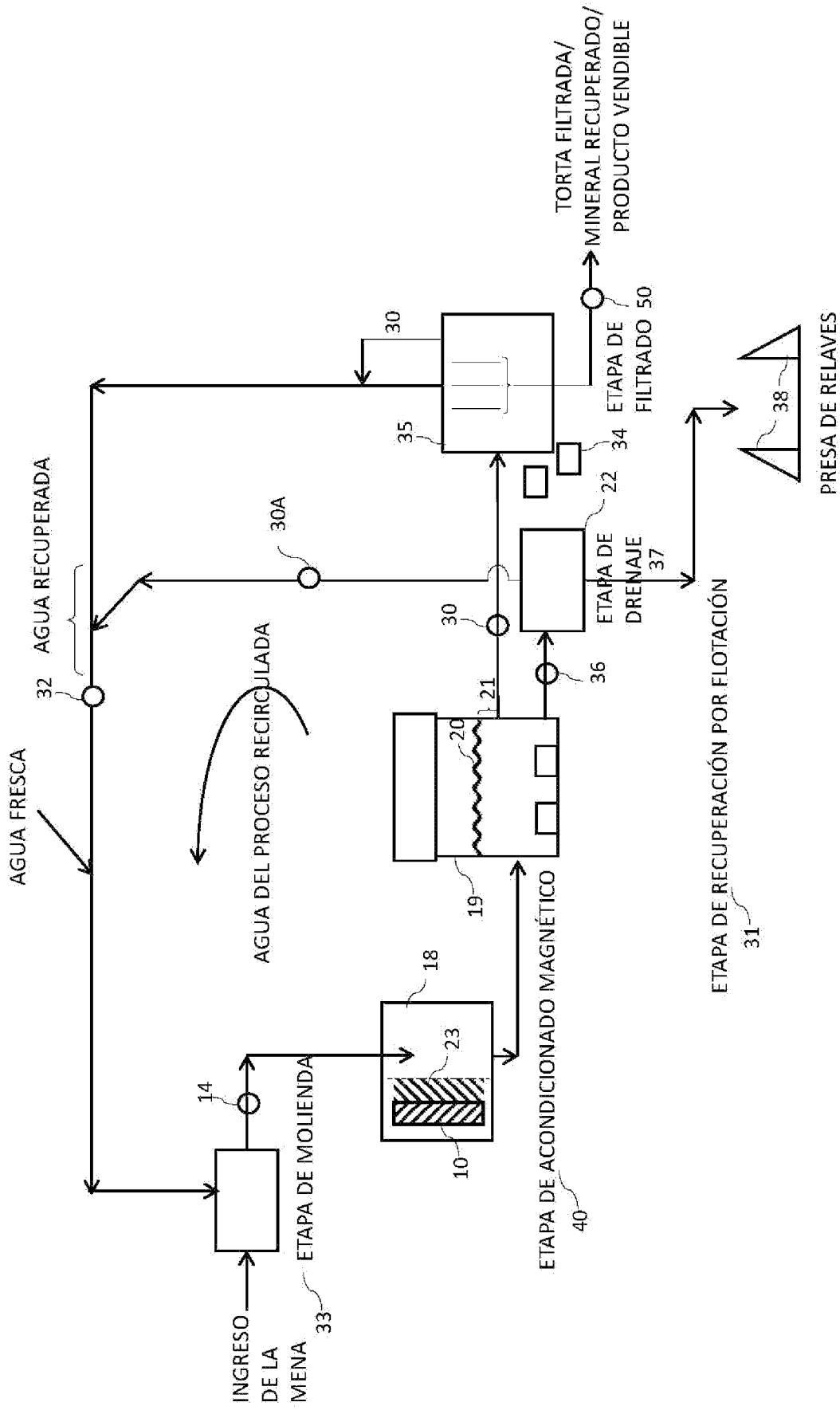


FIG 3

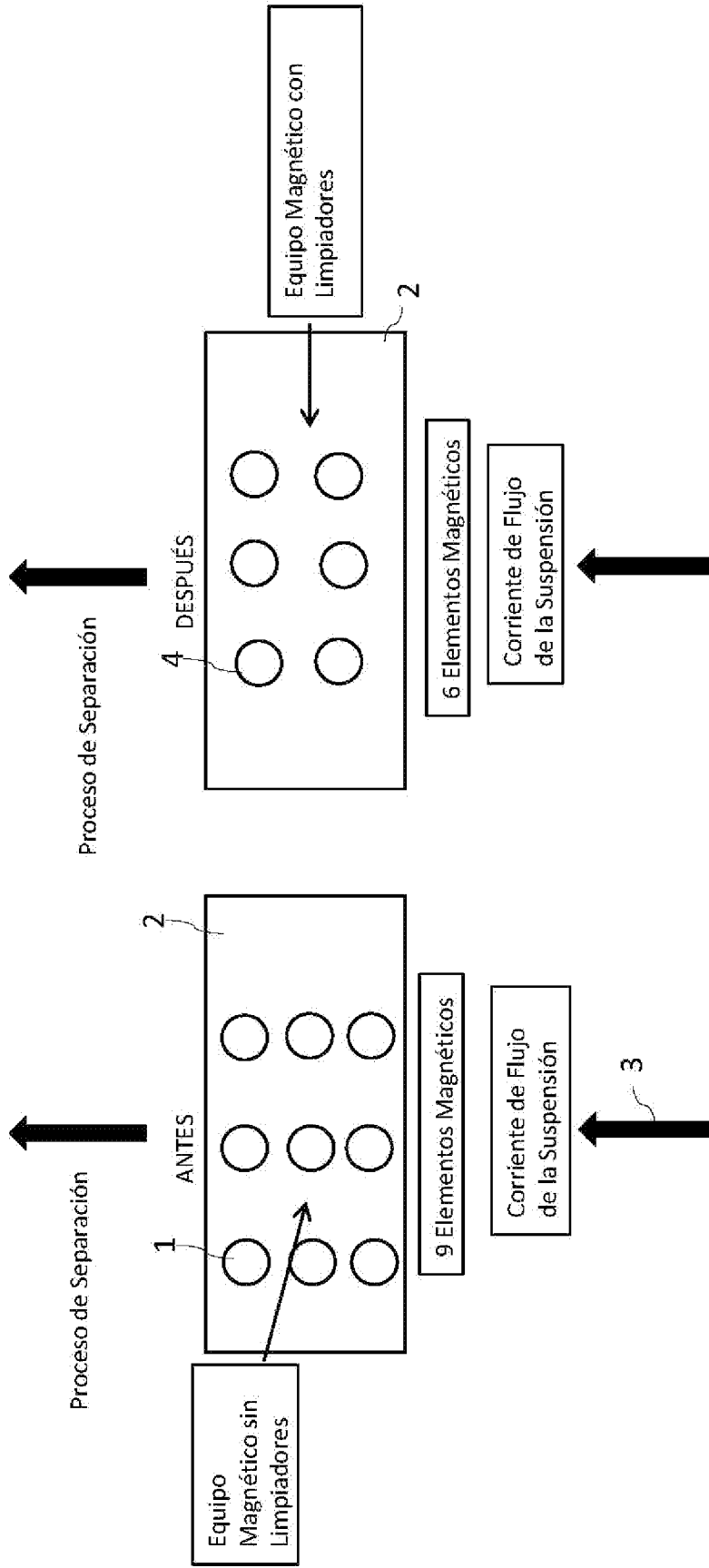


FIG 4A

FIG 4B

FIG 4

El efecto del dimensionamiento sobre el uso de la magnetización del limpiador

Equipo Magnetizador de la Suspensión

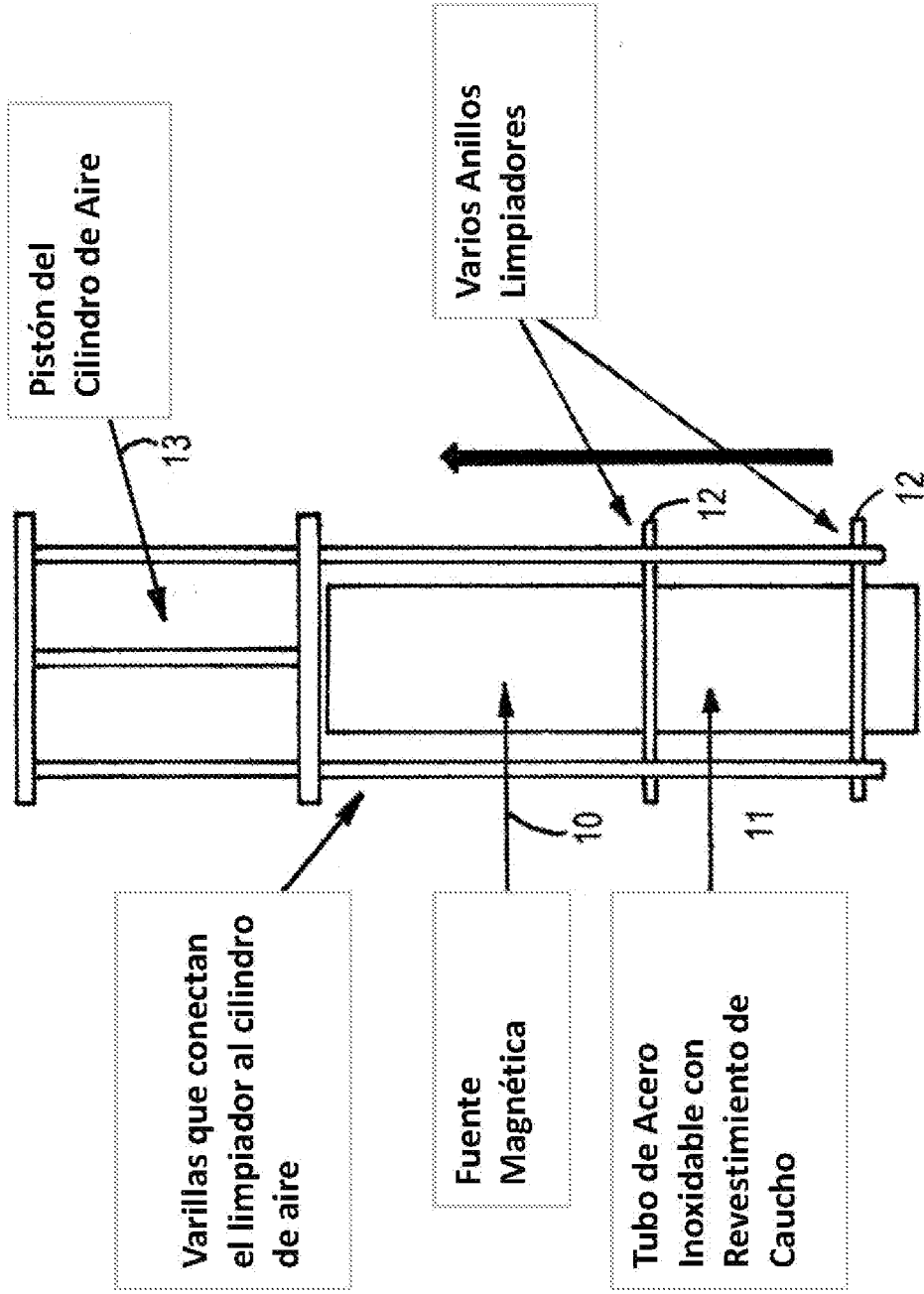


FIG 5

Equipo de magnetización de la suspensión

Equipo Magnetizador de la Suspensión

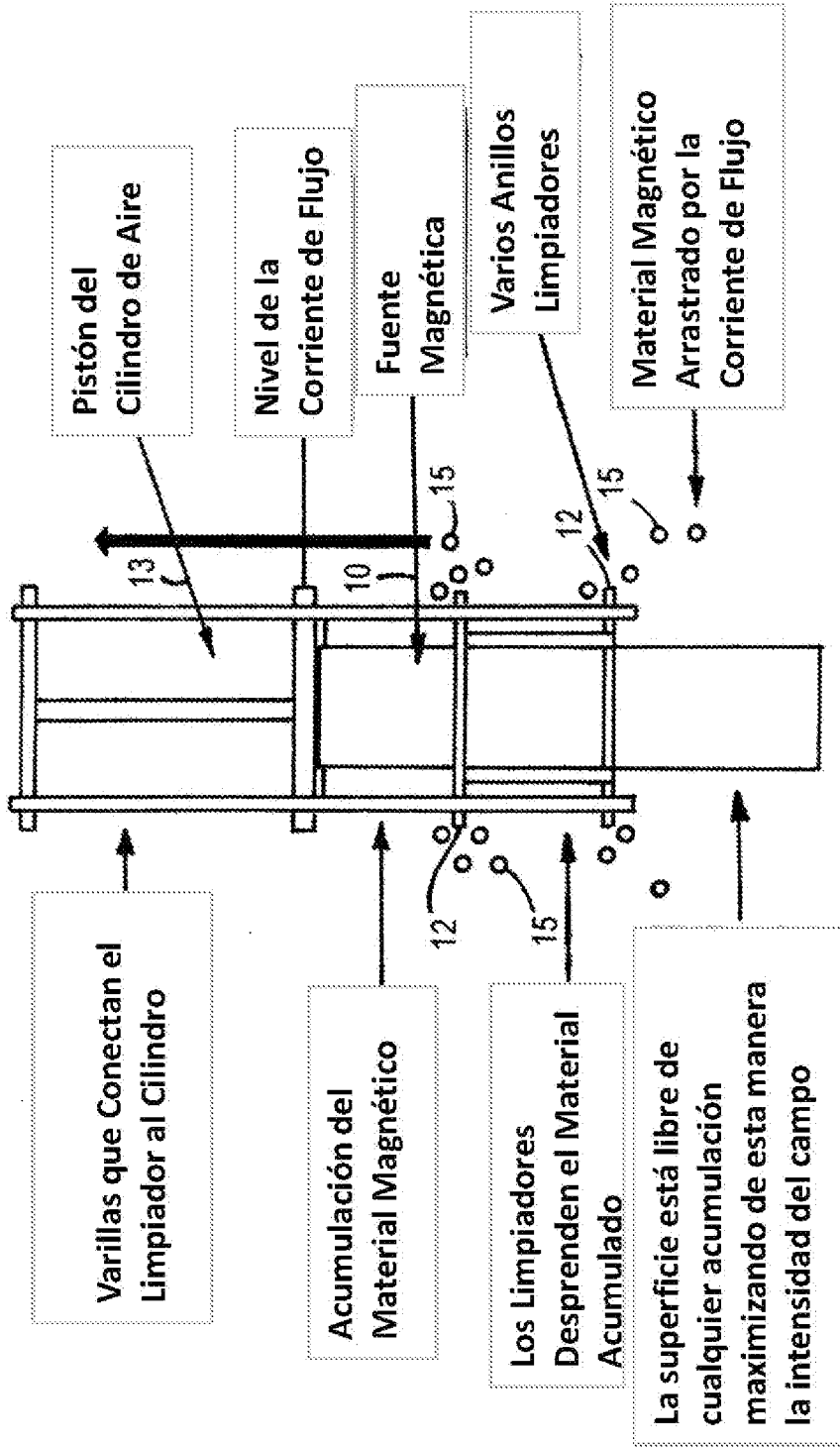


FIG 6

Sistema de limpieza con limpiadores

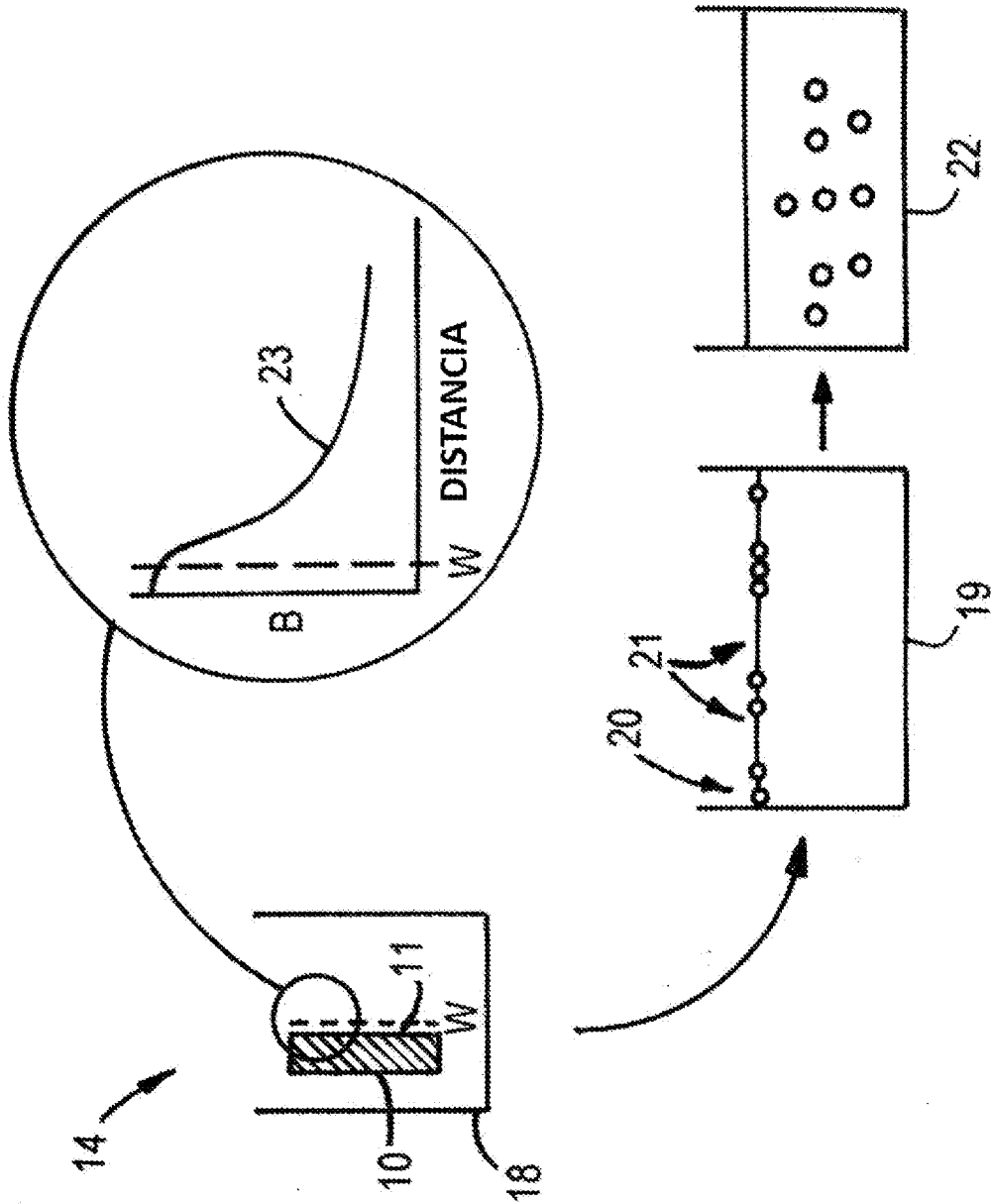


FIG 7

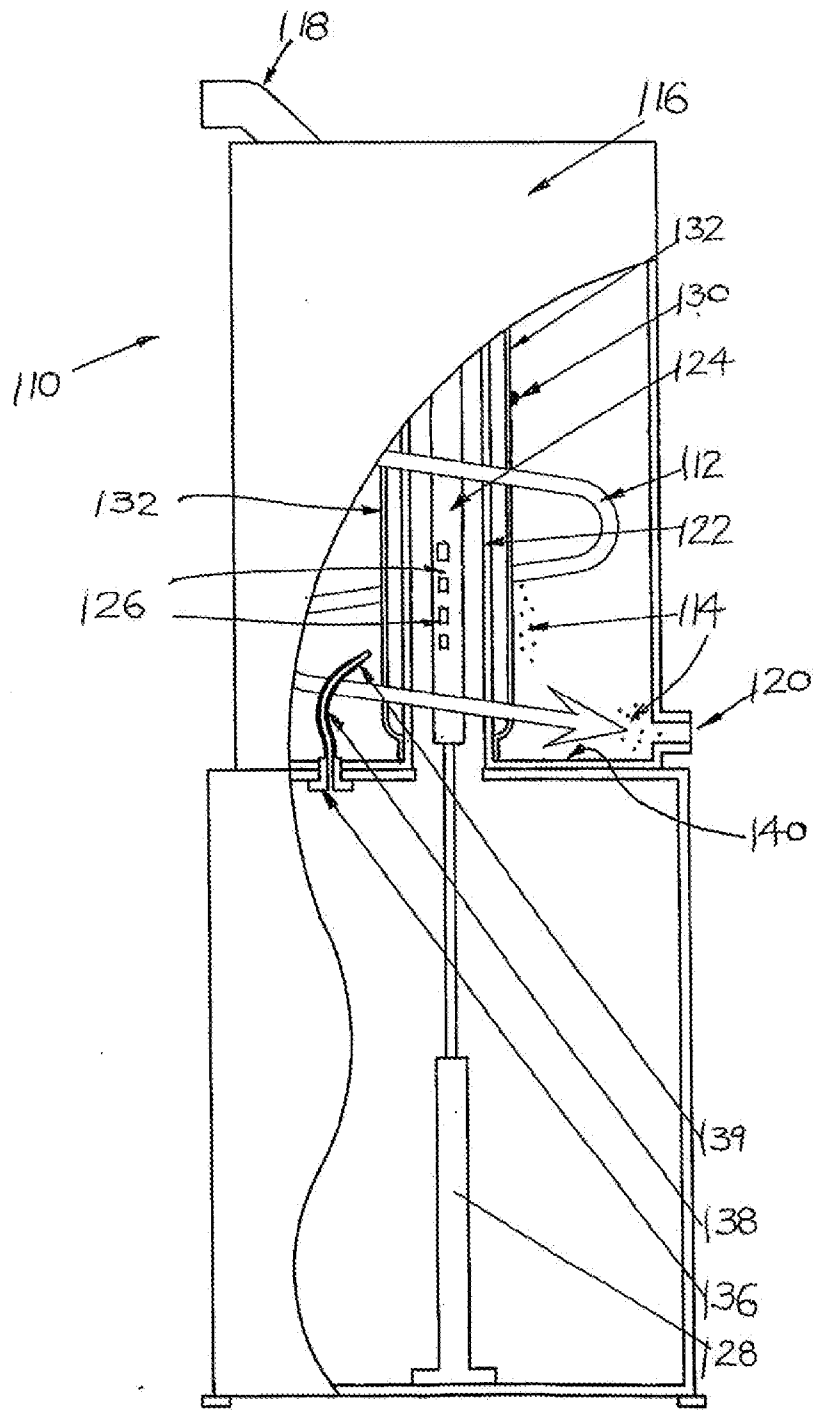


FIG 8

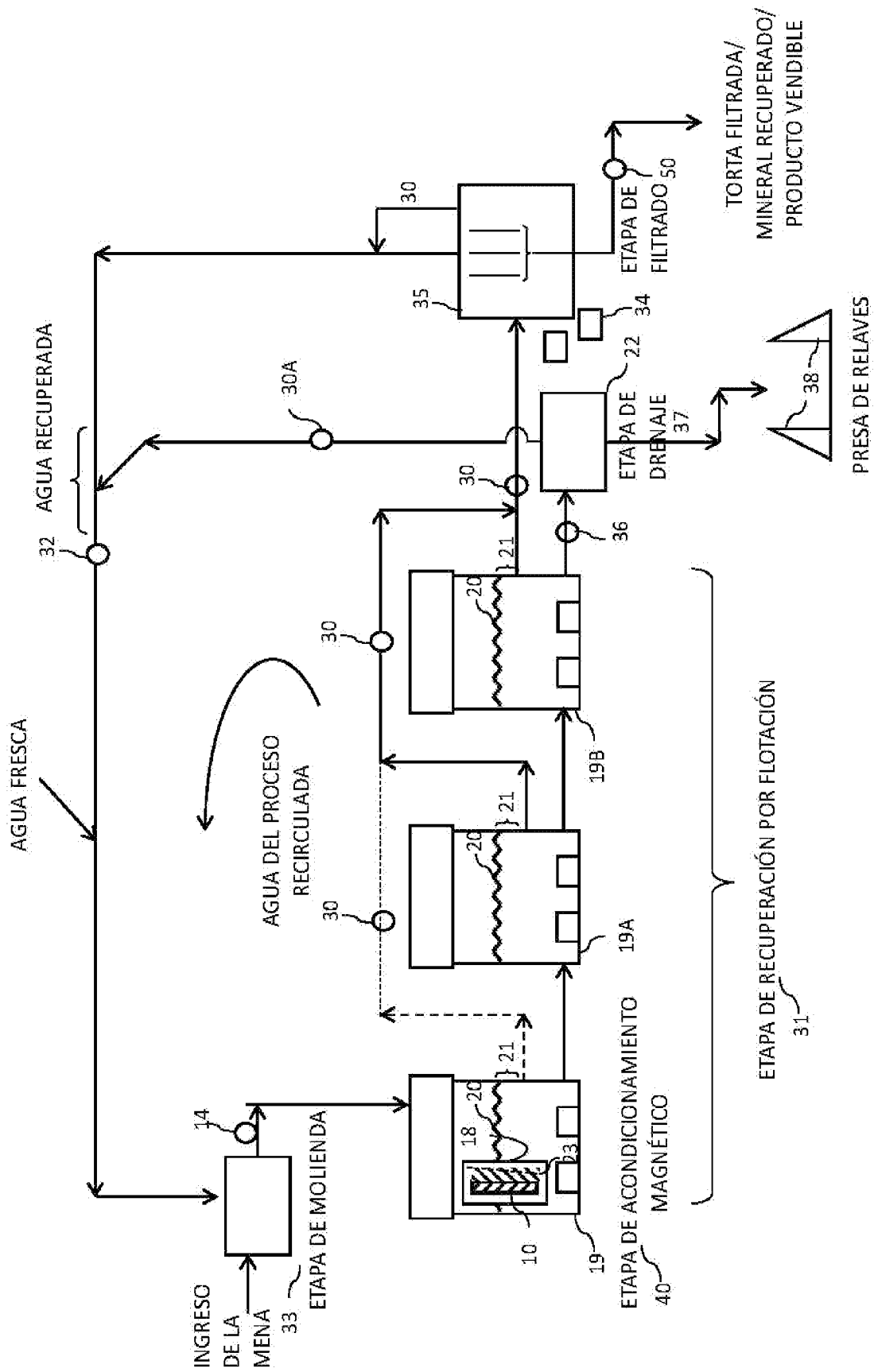


FIG 9

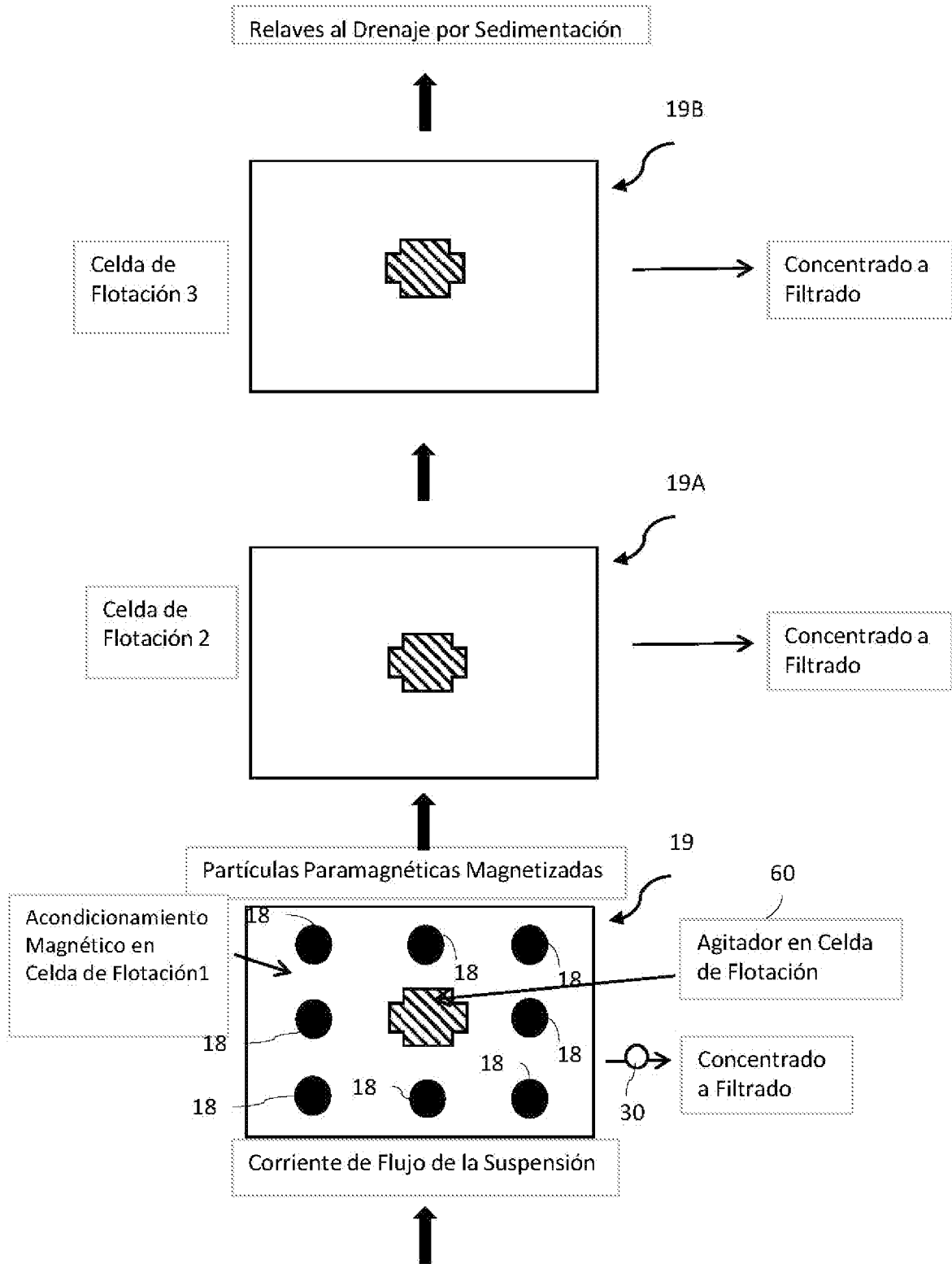


FIG 10