

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 841**

51 Int. Cl.:

B01D 21/24 (2006.01)

B01D 21/02 (2006.01)

C22B 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.08.2006 PCT/CA2006/001370**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.03.2007 WO07022622**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2006 E 06790553 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 1917083**

54 Título: **Aparato para la producción, la retirada y la transferencia de lechada altamente viscosa**

30 Prioridad:

23.08.2005 US 710455 P

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

12.03.2018

73 Titular/es:

**RIO TINTO ALCAN INTERNATIONAL LIMITED
(100.0%)
400-1190 Avenue des Canadiens de Montréal
Montréal, QC H3B 0E3, CA**

72 Inventor/es:

**PELOQUIN, GUY;
DUFOUR, RENALD;
CARRUTHERS, ANDREW, N. y
PUXLEY, DONALD**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 658 841 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 para la producción, la retirada y la transferencia de lechada altamente viscosa

5 **Campo técnico**

10 [0001] Esta invención se refiere a aparatos con capacidad de producir lechadas altamente viscosas en procesos industriales, así como de retirar y transferir dichas lechadas una vez que se han formado. Más particularmente, la invención se refiere al espesamiento, la retirada y la transferencia de lechadas que son tan viscosas que no se pueden eliminar de un recipiente simplemente por drenaje o incluso con técnicas convencionales de bombeo.

Antecedentes de la técnica

15 [0002] La presente invención se describe en lo sucesivo haciendo referencia particularmente al tratamiento de "lodo rojo", el cual es una lechada mineral acuosa producida durante la extracción de alúmina a partir de bauxita con el proceso Bayer. No obstante, dicha descripción es simplemente a título ilustrativo, y la presente invención se puede usar para espesar, retirar y transferir lechadas y lodos de diversos tipos, particularmente, aunque no de manera exclusiva, aquellos que tienen partículas de tamaño arcilla y propiedades pseudoplásticas por encima del límite de fluencia, producidos mediante cualquier proceso industrial. Debe indicarse también que, en la siguiente descripción, el término "lodo" se usa para significar lo mismo que "lechada".

20 [0003] Durante el transcurso del proceso Bayer, existen varias fases en las cuales lodo rojo se introduce en un recipiente y se procesa con una variedad de procedimientos, tales como clarificación, lavado y espesamiento del lodo. Durante dichos procedimientos, el lodo se espesa (es decir, la lechada se separa en una fracción con un contenido mayor de sólidos) hacia el fondo del recipiente para formar un lecho espesado por debajo de un licor clarificado, y el lodo normalmente se desplaza o "activa" dentro del lecho por medio de un rastrillo o conjunto de brazos giratorio. Dicha activación puede hacer que aumente adicionalmente el espesamiento del lodo en el extremo inferior del recipiente de manera que, en el propio fondo del recipiente, puede formarse un lodo altamente viscoso que resulta extremadamente difícil de eliminar del recipiente de forma continua o intermitente. En algunas partes del recipiente, el lecho espeso y altamente viscoso de lodo puede llegar a estancarse o a quedar inactivo, haciendo que el mismo resulte todavía más viscoso y difícil de extraer.

30 [0004] El tratamiento de lodo rojo según la manera mencionada se muestra, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos 4.830.507 que se publicó el 16 de mayo de 1989 a nombre de Peter F. Bagatto, et al., y que está cedida a Alcan International Limited, y, también, en la patente de Estados Unidos 5.080.803 que se publicó el 14 de enero de 1992, a nombre de Peter F. Bagatto et al., y cedida también al mismo cesionario.

40 [0005] Se ha observado también que, cuando se forma un lecho altamente viscoso de lodo hacia el extremo inferior del recipiente, y este lodo se extrae desde la sección de fondo del recipiente o cerca de la misma usando una bomba de succión o dispositivo similar, tiende a formarse dentro del lecho de lodo altamente viscoso un trayecto preferencial de lodo de menor viscosidad (o lodo diluido de una sección superior), dejando sin extraer y estancado un lodo con una concentración mayor de sólidos. A este fenómeno se le denomina informalmente "rat-holing" ("ratonera") o "doughnut formation" ("formación de donuts") y el mismo no es deseable.

45 [0006] La consecuencia de esta situación es que, aunque algunos recipientes de asentamiento por gravedad pueden producir lodo altamente viscoso, el lodo resultante con un contenido elevado de sólidos llega a diluirse parcialmente por la creación de un trayecto preferencial de extracción, de manera que lo que realmente se extrae es un lodo más diluido. Este fenómeno de dilución induce inestabilidad con respecto a la concentración y la viscosidad del lodo que se está extrayendo de ese recipiente y, por tanto, introduce dificultades notables en el control.

50 [0007] El problema de eliminar lechadas o lodos altamente viscosos de recipientes de este tipo se aborda específicamente en la patente de Estados Unidos 6.340.033 la cual se publicó el 22 de enero de 2002, a nombre de Ronald Paradis et al., y está cedida a Alcan International Limited. La solución al problema descrito en esta patente conlleva el uso de una bomba o rotor para retirar lechada de un recipiente, sometiéndola a una alta cizalla, y devolviéndola al recipiente por un punto algo desplazado con respecto al punto de retirada de la lechada. La alta cizalla aplicada a la lechada reduce la viscosidad de esta última (a lo cual se hace referencia como fluidificación por cizalla) y crea, así, una aportación de lodo de viscosidad reducida. El lodo de viscosidad reducida, tras volver a entrar en el recipiente, crea una corriente de lodo dentro de este último la cual atrapa partículas o grumos de lechada de viscosidad mayor que, de esta manera, se eliminan del recipiente, se someten a recirculación y ven reducida su propia viscosidad. Durante el proceso de recirculación, parte de la lechada de viscosidad reducida se elimina y transfiere a una ubicación diferente, retirando, así, lodo del sistema de manera continua.

[0008] Aunque es una solución eficaz al problema de eliminar de un recipiente lechada de alta viscosidad, presenta la desventaja de que la lechada así eliminada tiene una viscosidad algo reducida, y debe permitirse que la misma se

asiente y repose en caso de que se requiera un material de viscosidad mayor. En muchos casos, es deseable una lechada de viscosidad mayor ya que esta presenta muchas de las propiedades de un sólido. Por lo tanto, cuando se tira a un vertedero u otra localización, la misma es autoportante, al menos parcialmente, y, por lo tanto, se puede apilar a una altura mayor que la lechada de baja viscosidad, la cual tiende a fluir y a dispersarse cuando se tira. La lechada de alta viscosidad también se puede transportar sobre una cinta transportadora abierta, un camión descubierto, o similares, y existe siempre la opción de someterla a una alta cizalla por medio de una bomba o rotor, cuando así se desee, de manera que la misma se puede bombear a través de tuberías a otra localización. Por otra parte la patente de Estados Unidos 6.340.033 no aborda en su totalidad el problema de “rat-holing” descrito anteriormente, cuando el lodo se hace muy espeso.

[0009] La publicación (*Offenlegungsschrift*) alemana n.º DE 44 01 840 A1, a nombre de J.M. Voith GmbH, y abierta a inspección pública el 9 de junio de 1994, da a conocer un tornillo alimentador en forma de una hélice autoportante, sin eje, usada en sistemas de sedimentación o tratamiento para aclarar suspensiones en procesos de fabricación de papel. Se proporciona una segunda hélice en combinación con la primera hélice. El sistema no está destinado a retirar lechadas de alta viscosidad de un recipiente del tipo espesador hondo.

[0010] El modelo de utilidad (*Gebrauchsmuster*) alemán n.º 85 28 469, registrado a nombre de Helmut Sieke el 29 de febrero de 1986, da a conocer aparatos para espesar lodos usando un sistema de extracción de líquidos incorporado en un dispositivo de rastrillaje. El aparato no parece formar lechadas pastosas o pastas sólidas de alta viscosidad.

[0011] El modelo de utilidad (*Gebrauchsmuster*) alemán n.º 94 15 883, registrado a nombre de Noggerath Holding GmbH & Co. KG, el 6 de abril de 1995, da a conocer aparatos para la separación de arena con respecto a aguas residuales que contienen arena y materiales orgánicos. El aparato no produce lechadas de alta viscosidad, sino más bien, lechadas asentadas de arena que fluyen desde un recipiente de asentamiento por acción de la gravedad.

[0012] El documento SU 623.834 da a conocer un recipiente de clarificación que sedimenta sólidos y extrae agua de una suspensión. El recipiente incluye un agitador con palas perfiladas para agitar la suspensión, y un mecanismo en forma de tornillo para eliminar sólidos sedimentados de la base del recipiente.

[0013] La publicación de patente europea EP 0 019 538 A1 publicada a nombre de Alstom-Atlantique SA, usa un elemento en forma de espiral para ayudar a la eliminación de lechada de un depósito. El elemento en forma de espiral se posiciona por debajo del depósito, y actúa de manera que elimina lechada que sale del interior del depósito a través de una abertura central estrecha. El elemento está ampliamente confinado dentro de un tubo o cilindro estrechamente circundante, y solamente su extremo distal está alineado con la abertura central del depósito. Es probable que una disposición de este tipo sea de poca utilidad para eliminar lechada con una viscosidad muy elevada, ya que dicha lechada no fluiría fácilmente a través de la abertura central estrecha proporcionada en la pared inferior del depósito. Por consiguiente, resultaría ventajoso proporcionar equipos que puedan generar, de manera consistente, un lodo altamente viscoso con una concentración elevada de sólidos, reduciendo al mínimo cualquier dilución interna debida a un trayecto preferencial dentro del lecho de lodo espeso, y sin variar sustancialmente la viscosidad de la lechada durante el proceso de eliminación.

Exposición de la invención

[0014] La presente invención proporciona un método según la reivindicación 1. Las lechadas pastosas y las pastas sólidas son, tal como se explicará de forma más detallada posteriormente, lechadas altamente viscosas con un elevado contenido de sólidos. El método según la presente invención hace uso de un elemento de eliminación alargado en forma de espiral abierta que se acopla físicamente a la lechada pastosa o pasta sólida, para eliminarla del recipiente. Se pueden evitar así, de manera completa o parcial, la dependencia del drenaje por gravedad a través de la salida y el uso de bombas de succión, rotores y similares, para eliminar la lechada con un alto contenido de sólidos, del recipiente, y se supera cualquier tendencia de la lechada con un alto contenido de sólidos a aglomerarse o formar un puente en la salida.

[0015] Una o más partes del elemento en forma de espiral abierta entran en contacto con una fracción de la lechada pastosa o pasta sólida formada dentro del recipiente, de tal modo que la fracción se mueve en el recipiente, tras el accionamiento del elemento (por ejemplo, por rotación o traslación), hacia y a través de la abertura sin la aplicación de una cizalla indebida a la lechada espesada.

[0016] La invención se puede usar con lechadas minerales, especialmente lodo rojo de la extracción de bauxita, así como con lechadas de otros tipos. Ciertas realizaciones de la invención también se pueden usar con lechadas o lodos que tengan un alto contenido de arena (es decir, partículas mayores que lo habitual para las lechadas, en un orden de magnitud como mínimo) sin surjan dificultades.

[0017] Con la expresión “elemento en forma de espiral abierta” se pretende incluir cualquier tipo de elemento alargado que tenga un eje longitudinal que sea preferentemente recto, y el mismo está constituido por uno o más componentes

que tienen álabes, ranuras o partes constituyentes que crean un recorrido helicoidal para que lo siga la lechada y la misma se traslade desde un extremo a otro a medida que el elemento gira, o que permiten que el elemento entre en la lechada con un desplazamiento mínimo de esta última, a medida que el elemento se hace girar y se inserta en un volumen de la lechada. En general, cuando el elemento en forma de espiral tiene álabes, los álabes están orientados en ángulos (por ejemplo, en ángulo recto) con respecto a la línea de movimiento, y tienen una separación (paso) uniforme. Un elemento de este tipo se describe como "abierto" cuando el recorrido helicoidal, es decir, los espacios entre los álabes, ranuras o partes constituyentes, están abiertos al exterior del elemento (el interior del recipiente), de manera que el lodo o lechada puede entrar a lo largo de un tramo descubierto del elemento. El elemento está descubierto, sin protección, no confinado o no bloqueado por ningún otro elemento, al menos durante la mayor parte de la longitud de este último y por lo menos desde un lateral (región de la circunferencia). Esto permite un acceso no confinado y no restringido de la lechada al recorrido helicoidal definido por el elemento al menos a lo largo de la mayor parte de su longitud (más del 50%) dentro del recipiente, y preferentemente a todo lo largo dentro del recipiente. La lechada, preferentemente, tiene acceso al elemento en forma de espiral abierta de tal manera que, cuando se retira lechada del recipiente, puede bajar más lechada alrededor del elemento meramente por lo efectos de la gravedad y de cualquier succión desarrollada por la retirada de la lechada. El acceso al elemento según la manera mencionada no debería encontrarse con ningún punto de constricción o estrangulamiento que provoque formación de puentes o bloqueo del flujo de lechada a medida que este avanza para entrar en contacto con el elemento. Por lo tanto, no debe hacerse que la lechada pase a través de aberturas estrechas antes de llegar al elemento desde el interior del recipiente. La lechada con una viscosidad elevada normalmente fluirá bajo los efectos de la gravedad si no hay ninguna superficie o artículo de confinamiento que limite el flujo descendente.

[0018] Preferentemente, en ciertas realizaciones, el elemento en forma de espiral abierta se prolonga en el recipiente (el cual es normalmente cilíndrico) horizontalmente a lo largo de un radio del recipiente, a través de una abertura en una pared lateral de este último, aunque esto no es esencial. Por ejemplo, el elemento puede estar desplazado con respecto a una línea diametral central del recipiente, aunque dispuesto paralelo a la misma. La abertura a través de la cual el elemento entra en el recipiente se puede proporcionar en la pared lateral o una parte en pendiente de la pared lateral del recipiente, y, preferentemente, tiene una orientación en general horizontal. Por lo tanto, el recipiente no está provisto, normalmente, de una abertura o desagüe dispuesto verticalmente, central, como ha venido ocurriendo convencionalmente en sedimentadores de este tipo. Esencialmente, el elemento en forma de espiral abierta entra en el interior del recipiente a la altura de la capa de lechada con un alto contenido de sólidos, y retira mecánicamente la lechada del recipiente sin que sea necesario primero que esta última pase a través de una salida de lechada restringida o una entrada de una bomba convencional.

Breve descripción de los dibujos

[0019]

La Fig. 1 es una gráfica que muestra el esfuerzo de fluencia de una lechada particular, representado con respecto al contenido de sólidos de la lechada, para ilustrar tipos diferentes de lechada que pueden obtenerse;

la Fig. 2A, la Fig. 2B y la Fig. 2C son, cada una de ellas, fotografías de lechada extraída de un aparato de asentamiento, presentando las lechadas, diferentes valores de esfuerzo de fluencia y un contenido de sólidos diferente;

la Fig. 3 es una sección transversal simplificada de un recipiente para tratamiento de lechadas, provisto de un aparato de retirada de lechada;

la Fig. 4 es una vista en perspectiva del interior de un recipiente similar al de la Fig. 3, pero que tiene una cubeta en la pared inferior del recipiente, que alberga un elemento de retirada de lechada, en forma de espiral;

la Fig. 5 es una sección transversal simplificada de un recipiente de tratamiento de lechadas y un aparato de retirada de lechada; y

la Fig. 6 es una vista similar a la Fig. 5, pero que muestra otra etapa en el funcionamiento del aparato.

Modos óptimos para llevar a cabo la invención

[0020] Para facilitar una interpretación de la presente invención, puede resultar útil en primer lugar describir los tipos de lechada con los cuales se puede utilizar la presente invención. Para describir las propiedades reológicas de las lechadas, se utiliza normalmente una gráfica similar a la que se muestra en la Figura 1. Esta es una gráfica del esfuerzo de fluencia con respecto a porcentaje de sólido en una lechada particular (en este caso, un "lodo rojo" producido durante la extracción de alúmina a partir de una masa dada de mineral de bauxita). Otros lodos rojos u otras lechadas minerales tendrán valores diferentes del esfuerzo de fluencia con contenidos de sólidos diversos, pero la mayoría presentará una curva de forma similar.

[0021] Como puede observarse a partir de la gráfica, el esfuerzo de fluencia de la lechada tiene solamente un valor muy bajo con un contenido de sólidos inferior al 40%.

5 **[0022]** Para lechadas con un contenido de sólidos mayor, el esfuerzo de fluencia se incrementa gradualmente en un primer momento (Pendiente 1 en la figura - una pendiente de aproximadamente 1 ó inferior). A las lechadas de este tipo se les hace referencia como "lechadas diluidas", y un ejemplo de dichas lechadas es el lodo obtenido a partir de un
 10 espesador convencional de fondo amplio y plano. En la Fig. 2A se muestra una ilustración de lechadas del tipo mencionado, y se observará que, tras dejarlas sin ningún soporte en una superficie plana, la lechada inmediatamente se aplana formando un charco. Para lechadas de este tipo, el asentamiento o relación de asentamiento es del orden de 0,1 ó inferior. A este respecto, debe indicarse que las viscosidades de lechadas y lodos se evalúan normalmente llevando a cabo ensayos de asentamiento en los cuales el lodo se compacta en un cilindro estándar que tiene un fondo y una parte superior abiertos reposando sobre una superficie de apoyo. A continuación, el cilindro se retira en sentido ascendente, y, después de un tiempo dado, se miden la altura y la anchura del montón que queda. La lechada sin soporte se
 15 asentará hasta cierto punto. Una lechada más rígida o más viscosa se asentará menos que una lechada menos viscosa y, por lo tanto, tendrá una mayor "altura de asentamiento" o "relación de asentamiento" (relación entre la altura y la anchura en la base del cono).

20 **[0023]** En referencia nuevamente a la Fig. 1, para lechadas con un contenido de sólidos de aproximadamente el 45 al 52%, la pendiente se incrementa más rápidamente (Pendiente 2 de la figura - una pendiente que va de aproximadamente 10 a 20). Esto se corresponde con lechadas a las que se hace referencia como "lechadas pastosas", y, en la Fig. 2B, se muestra una ilustración de una lechada de este tipo. Esta lechada se obtuvo a partir de un espesador hondo, por ejemplo, tal como se describe en la patente de Estados Unidos 4.830.507. La relación de asentamiento está aproximadamente entre 0,2 y 0,5, y puede observarse que se produce un desparramamiento considerable en la base.

25 **[0024]** La pendiente de la curva de la Fig. 1 comienza a incrementarse drásticamente a partir de aproximadamente un 52% de sólidos en adelante (Pendiente 3 de la figura - una pendiente esencialmente por encima de 20). Esta región se corresponde con lechadas a las que se hace referencia como "pastas sólidas". Una ilustración de una lechada de este tipo se muestra en la Fig. 2C, la cual es una pasta sólida extraída de un espesador de acuerdo con la presente invención. La relación de asentamiento de esta muestra es aproximadamente 1,25 (para indicar una pasta sólida se considera cualquier relación por encima de aproximadamente 0,5).

30 **[0025]** Las lechadas diluidas no requieren ningunos medios especializados de extracción y se transfieren fácilmente desde espesadores u otros recipientes. Para dicha transferencia es suficiente con una bomba centrífuga normal. La lechada pastosa puede requerir el uso de equipos y técnicas especializados, por ejemplo, según se da a conocer en la patente de Estados Unidos 6.340.033. Por otro lado, las pastas sólidas no se pueden eliminar de un espesador usando una bomba de succión y ciertamente no fluirán desde una de las salidas por sí solas, meramente por el efecto de la gravedad. La presente invención está destinada, de la manera más preferente, a usarse tanto con lechadas pastosas como con pastas sólidas, aunque especialmente con estas últimas.

35 **[0026]** La figura 3 de los dibujos adjuntos muestra, de una forma simplificada, un aparato 10 usado para el tratamiento de lechadas de lodos rojos durante el transcurso del proceso Bayer, por ejemplo, para lavar y espesar el lodo rojo mediante asentamiento por gravedad.

40 **[0027]** El aparato 10 incluye un recipiente sedimentador 12 en forma de un tanque abierto por arriba, que tiene una pared lateral 14 y una pared inferior plana 16. La pared lateral 14 incluye una sección de estrechamiento gradual 18 en el extremo inferior 20 del recipiente. El aparato incluye un pozo 22 de alimentación a través del cual se introduce lechada en el recipiente con perturbaciones mínimas del volumen de líquido 24 ya presente en el recipiente. El pozo de alimentación circunda un árbol vertical central 26 de un dispositivo 28 de rastrillaje (agitador) que se hace girar con respecto a su eje vertical central en la dirección de la flecha A tal como se muestra en la figura. El dispositivo 28 de rastrillaje incluye brazos 30 inclinados hacia arriba, dispuestos en una forma de V, y elementos 32 de agitación, verticales, sustentados por un brazo horizontal 34. A medida que las partículas sólidas del lodo se asientan por la acción de la gravedad hacia el fondo del recipiente, se exprime agua de entre las partículas sólidas con la ayuda del dispositivo 28 de rastrillaje, y el lodo adquiere un mayor contenido de sólidos y una viscosidad más alta a medida que se aproxima al fondo del recipiente. El agua expulsada de las partículas sólidas forma un líquido clarificado 33 que sale del recipiente por medio de una salida superior 35.

45 **[0028]** En una región rastrillada 36, la viscosidad del lodo se reduce gracias a las propiedades de fluidificación por cizalla de este tipo de lodo, pero, por debajo de los márgenes del dispositivo 28 de rastrillaje, tiende a formarse y a acumularse una región 38 ó lecho de lodo espesado y no rastrillado con un alto contenido de sólidos y una alta viscosidad (tal como se indica con la línea de trazos). La viscosidad del lodo espesado puede ser extremadamente alta, por ejemplo, puede presentar un esfuerzo de fluencia inicial de 30 Pa o superior, y, más probablemente, 50 Pa o superior, generalmente 500 Pa o superior, normalmente 1.000 Pa o superior, o incluso 3.000 Pa o superior.

[0029] Debe indicarse que, en este contexto, la expresión “esfuerzo de fluencia inicial” significa la fuerza mínima por unidad de área, requerida para iniciar el movimiento o desplazamiento de una lechada dada desde el estado de reposo. Es una medición usada en la industria como indicación de la viscosidad del lodo, aunque no es una verdadera medida de la propia viscosidad. La viscosidad de un material pseudoplástico varía con la cizalla aplicada provocada por el mezclado o turbulencias.

[0030] El lodo rojo espesado, producido en el aparato ilustrado, puede tener un contenido de sólidos superior al 56% en peso, y, normalmente, superior al 57% en peso, por ejemplo, un 57,9% en peso de sólidos o más. El lodo rojo de esta consistencia no se puede eliminar por la acción de la gravedad, por ejemplo, proporcionando una salida convencional en el punto central del fondo del recipiente, y dejando que el lodo drene. Resulta incluso difícil o imposible eliminar lodo de esta consistencia por medio de una bomba de succión o rotor, incluso cuando se recurre a la invención de la patente de Estados Unidos n.º 6.340.033 antes mencionada, el lodo de esta consistencia es pasta sólida del tipo antes descrito.

[0031] En el aparato ilustrado, el lodo con un contenido de sólidos y una viscosidad elevados en la región no rastrillada 38 se elimina por medio de un elemento giratorio, alargado 40 en forma de espiral abierta, que se prolonga en el recipiente desde el exterior a través de una abertura 50 en la región 18 de estrechamiento gradual de la pared lateral 14 por el extremo inferior 20 del recipiente. Preferentemente, el elemento 40 se prolonga en el tanque a una distancia x tal que el extremo libre (distal) 42 del elemento 40 se posiciona directamente por debajo del árbol 26 en el centro del recipiente 12. La lechada de alta viscosidad se introduce entre álabes espirales 48 del elemento 40 y se elimina del recipiente 12 a través de la abertura 50 (que actúa, por consiguiente, como salida de la lechada) por rotación del elemento 40 en torno a su eje longitudinal 44 en la dirección de la flecha B, tal como se muestra en la Fig. 3. Consecuentemente, el elemento se acopla físicamente a fracciones de la lechada de alta viscosidad en el interior del recipiente y las retira de este último a través de la salida restringida 50.

[0032] Tal como se muestra, el elemento 40 se presenta en forma de un tornillo de Arquímedes, es decir, un árbol longitudinal macizo que tiene uno o más álabes espirales envolventes, aunque podría ser un elemento espiral de otra forma, por ejemplo, un elemento que carezca de un árbol central (como si se produjese retorciendo una tira plana o una barra con una sección transversal de tipo hélice) en torno a su eje longitudinal. Debe indicarse que la superficie exterior del elemento 40 está posicionada en el interior 46 del recipiente 12 a la altura de la región 38, y completamente abierta a dicho interior y en comunicación directa con el mismo, de manera que sus vueltas espirales o álabes 48 están expuestos al lodo de alta viscosidad y en contacto con el mismo a todo lo largo x de la inserción del elemento en el recipiente. Elemento 40 está esencialmente inmerso de manera completa dentro del lodo, preferentemente sin contacto con el lodo de viscosidad reducida en la región agitada 36. Los espacios entre los álabes no están confinados (es decir, no tienen obstáculos, protecciones o coberturas por otras partes del aparato) y, por tanto, están abiertos al interior del recipiente y se pueden cargar directamente con lechada en todos los puntos en los que se entra en contacto con la lechada.

[0033] Se ha observado que, cuando se utiliza una disposición de este tipo dentro de una masa de un material de lechada de viscosidad y densidad elevadas (particularmente una pasta de lechada o pasta sólida), la lechada que rodea al elemento 40 parece confinar la lechada posicionada entre los álabes 48, provocando, así, que la lechada permanezca en contacto con el elemento, y provoca que el material sea transportado longitudinalmente. Esto garantiza que el material pase a través de la abertura 50 en la pared lateral del recipiente a medida que el elemento se hace girar, y, preferentemente, hacia una cámara o tubo externo (no mostrado en la Fig. 3) desde el cual se puede transferir separándolo del aparato. Cuando se elimina lechada de esta manera, se fuerza a que, gracias al peso y la presión de la lechada circundante, se sitúe más lechada entre los álabes 48 del elemento 40. En efecto, la lechada confinada entre los álabes se ve obligada a moverse axialmente con el elemento giratorio 40, mientras que entra más lechada entre los álabes para sustituir la lechada que se retira del recipiente.

[0034] Aunque puede haber alguna fuerza de cizalla localizada, aplicada sobre el material de lechada cuando el elemento 40 actúa sobre el mismo (por ejemplo, en una capa rala en la que el lodo está en contacto con el material de los álabes), esto no produce una reducción drástica o inaceptable de la viscosidad total del material de lechada ya que el mismo se elimina del recipiente. Sin pretender imponer limitaciones teóricas, cierto grado de fluidificación por cizalla puede resultar útil para actuar como lubricante entre la lechada y los álabes (permitiendo, así, un movimiento longitudinal de la lechada atrapada entre los álabes, más que una mera rotación en concordancia con el elemento). No obstante, es deseable hacer girar el elemento 40 de manera bastante lenta para evitar una fluidificación sustancial por cizalla de la lechada, y para evitar una compresión indebida o una deshidratación adicional de la lechada. La velocidad de rotación concreta que se considera deseable en un caso particular depende de las dimensiones y del paso de los álabes 48, así como de la naturaleza de la lechada. Normalmente, es deseable que el elemento 40 no se haga girar a más de 130 rpm. El caudal de la lechada es habitualmente lineal con la velocidad de rotación del elemento 40, siempre que todo tubo de salida fijado a la abertura 50 tenga esencialmente el mismo diámetro que el elemento 40.

[0035] Aunque el elemento 40 utilizado en la Fig. 3 tiene un diámetro constante a todo lo largo del mismo, el elemento (si se desea) puede estrecharse gradualmente hacia dentro en dirección al extremo libre 42 para garantizar una velocidad de extracción uniforme a todo lo largo del elemento.

5 **[0036]** Debe indicarse también que, en torno al recipiente 12, puede proporcionarse más de un punto de extracción, cada uno de ellos provisto de su propio elemento 40 en forma de espiral, para incrementar la velocidad de extracción de la lechada y para minimizar las regiones en las cuales pueda acumularse lechada inactiva. Dichos puntos de extracción se pueden disponer a 90° entre sí, o se pueden disponer con otros ángulos para adecuarse de forma óptima al diseño del dispositivo 28 de rastrillaje que empuja al material hacia los puntos de extracción. Además, el elemento (o cada uno de los elementos), si se desea, se puede posicionar fuera del radio.

10 **[0037]** De este modo, la realización ilustrada utiliza un elemento en forma de espiral que está totalmente descubierto al interior del tanque (es decir, no está confinado) al menos a lo largo de una parte sustancial de su longitud (por ejemplo, al menos un 20% ó al menos un 25% de su longitud). Más preferentemente, el elemento está totalmente descubierto hacia el interior del tanque durante, al menos, la mayor parte (50% ó más) de la distancia x entre el extremo libre 42 del elemento 40 y la pared 18 del recipiente, e, incluso más preferentemente, por lo menos (en orden creciente de preferencia) un 55, un 60, un 65, un 70, un 75, un 80, un 85, un 90, un 95%, y, de la manera más deseable, un 100% de la distancia x . De este modo, idealmente, el elemento en forma de espiral está totalmente descubierto hacia el interior del recipiente a todo lo largo del mismo.

20 **[0038]** Tal como ya se ha indicado, en la realización mostrada en la Figura 3, el elemento 40 en forma de espiral está abierto hacia el interior del recipiente (y, por tanto, hacia el material de lechada de alta viscosidad) desde todos los lados del elemento (es decir, los 360 grados completos de la circunferencia del elemento en forma de espiral están directamente al descubierto hacia el interior del recipiente, y posicionados dentro del mismo). No obstante, tal como se pondrá de manifiesto a partir de realizaciones adicionales que se describen posteriormente, únicamente es necesario descubrir un lado (por ejemplo, una tira alargada preferentemente en el lado superior) de la circunferencia del elemento en forma de espiral, hacia el interior del recipiente, para que el aparato sea eficaz, por ejemplo posicionando el elemento dentro de una cubeta con la parte superior abierta, de planta rectangular, formada en la parte inferior del recipiente. No obstante, la anchura lateral de la cubeta (la parte superior abierta) debe ser, preferentemente, lo suficientemente ancha para permitir que la lechada de alta viscosidad entre en la cubeta sin restricciones o confinamientos significativos, y que sea retirada por el elemento con forma de espiral. En la Figura 4 se muestra más detalladamente una disposición de este tipo.

30 **[0039]** La Figura 4 muestra el interior de un recipiente 12 que tiene una pared lateral 14 y una pared inferior 16 similares a las de la Fig. 3, excepto que, en la realización de la Fig. 4, la pared lateral 14 no se estrecha gradualmente hacia dentro en dirección a la pared inferior 16 la cual es plana y horizontal. Como en la realización previa, el recipiente está provisto de un aparato 28 de rastrillaje que incluye un árbol vertical 26 y brazos 34 de agitación (los cuales, en esta realización, son horizontales).

40 **[0040]** La pared inferior 16 tiene una cubeta dispuesta diametralmente 52 que se extiende en su totalidad entre partes opuestas de la pared lateral del recipiente. La cubeta 52 tiene una parte superior abierta 51, y contiene un elemento 40 en forma de espiral abierta, que se extiende a todo lo largo de la cubeta 52. En esta realización, el elemento en forma de espiral incluye dos elementos espirales 53 y 54 en forma de sacacorchos, mutuamente telescópicos, concurrentes y coaxiales, de diámetros diferentes. Ambos elementos mencionados son del tipo espiral abierta con un núcleo axial abierto (tipo sacacorchos). El elemento 53 de diámetro menor se extiende a través del núcleo del elemento 54 de diámetro mayor y a lo largo del mismo, tal como se muestra. Un soporte 56 está conectado a un dispositivo giratorio (no mostrado) fuera del recipiente y el mismo tiene la capacidad de hacer girar los dos elementos 53 y 54 con velocidades de rotación iguales o diferentes en direcciones iguales o diferentes. Se observa que este diseño y esta disposición son particularmente eficaces para eliminar lechada de viscosidad muy alta sacándola del recipiente, ya que el elemento 54 de diámetro mayor actúa como dispositivo de distribución/homogeneización que puede crear un grado aceptable de fluidificación por cizalla, y actúa como rompebóvedas. El elemento mueve la lechada hacia su centro, así como a todo lo largo. El elemento 53 de diámetro menor lleva a cabo la extracción de la lechada, de modo que el elemento de diámetro mayor alimenta lechada hacia el elemento de diámetro menor. El elemento combinado 40 es particularmente eficaz cuando los elementos 53 y 54 se hacen girar a velocidades diferentes en la misma dirección. Idealmente, existe una relación fija de rotación entre los dos elementos, de manera que, si un elemento se acelera para incrementar la velocidad de extracción de lechada, el otro elemento también se acelera en la misma medida. Cuando los elementos 53 y 54 giran a velocidades diferentes, existen pocas posibilidades de que los tornillos se acaben llenando con lechada y que giren como un conjunto en lugar de moverse longitudinalmente. Normalmente, el elemento de diámetro menor se hace girar a velocidades de hasta aproximadamente 130 rpm, y el elemento de diámetro mayor se hace girar a velocidades de hasta aproximadamente 8 rpm.

60 **[0041]** Los elementos 53 y 54 se hacen girar en una dirección tal que mueven la lechada hacia la izquierda tal como se muestra en la Fig. 4, donde está situada una salida 50 de lechada. De este modo, los elementos provocan que la lechada se transfiera a través de la salida y, por tanto, se elimine del recipiente. En una realización alternativa, el soporte 56 se puede posicionar fuera del recipiente, de manera que la lechada se puede atraer hacia la derecha a lo largo del canal 52. Esto tiene la ventaja de evitar la exposición de juntas y similares en el soporte 56, a la presión total de la lechada en el tanque.

5 **[0042]** Tal como se ha indicado, la parte superior rectangular 51 de la cubeta 52 es suficientemente amplia y suficientemente larga para permitir que la lechada de alta viscosidad descienda hacia la cubeta por el efecto de la gravedad y de la presión de la lechada circundante. Por lo tanto, no se produce ningún punto de estrangulamiento o salida confinada que provoque que el material de lechada se aglomere o forme puentes en la entrada 51 y, en efecto, la cubeta forma parte del interior del recipiente en la medida en la que una capa de la lechada de alta viscosidad se forma directamente dentro de la cubeta. Tal como puede observarse, en esta realización, la entrada 51 a la cubeta es más grande que la anchura del elemento 54 de diámetro mayor. En la práctica, se observa que la anchura de la cubeta 52, y la anchura de la entrada 51, deberían ser por lo menos iguales al diámetro de la parte más grande del elemento en forma de espiral y, preferentemente, por lo menos una vez y media ese diámetro. El área total de la entrada 51 de la cubeta debería ser preferentemente por lo menos (1,5 veces el diámetro exterior del elemento en forma de espiral) X (50% del radio del recipiente en la parte inferior).

15 **[0043]** Idealmente, la cubeta 52 tiene lados verticales, o lados que están inclinados abruptamente (o bien hacia dentro o bien hacia fuera en dirección a la parte inferior), para evitar la formación de puentes de la lechada que desciende hacia la cubeta. Además, la profundidad de la cubeta debería ser preferentemente la misma que el diámetro del elemento 40, o solo ligeramente mayor con el fin de evitar la formación de una zona de lechada inactiva debajo del elemento 40.

20 **[0044]** Situando el elemento 40 en forma de espiral en la cubeta 52 formada en la pared inferior 16 del recipiente, los brazos 34 de agitación se pueden posicionar más cerca de la pared inferior 16 que en la realización de la Figura 3, reduciendo, así, al mínimo, la acumulación de lodo inactivo por encima de la pared inferior 16 del recipiente y confinándolo más específicamente a la cubeta 52.

25 **[0045]** En las realizaciones anteriores, lechada de alta viscosidad es eliminada del recipiente por la acción giratoria del elemento 40 en forma de espiral que retira la lechada del interior del recipiente entre los álabes del elemento, cuando este último se hace girar en su posición de una manera continua.

30 **[0046]** En una realización alternativa de la presente invención, se retira lechada en primer lugar introduciendo el elemento con forma de espiral en el recipiente mientras se hace que el mismo gire (de manera que "penetra en" la lechada de alta viscosidad sin provocar un desplazamiento sustancial) y, a continuación, retirando físicamente del recipiente el elemento en forma de espiral cargado con lechada, sin permitir que el elemento gire, de modo que el tapón o cilindro de lechada de alta viscosidad posicionado entre los álabes del elemento en forma de espiral se retira del recipiente en masa. Esto se ilustra de forma más detallada en las Figuras 5 y 6.

35 **[0047]** En la Figura 5, el recipiente 12 es similar al de la Figura 4 en la medida en la que tiene una cubeta 52 posicionada por debajo de y en comunicación con la pared inferior 16 del recipiente en una entrada 51. La cubeta 52 contiene un elemento 40 en forma de espiral que se extiende completamente cruzando el suelo del recipiente cuando se ha introducido en su totalidad. El elemento 40 en forma de espiral está fijado a una barra giratoria 60 posicionada dentro de una cámara 62 de retirada. La barra giratoria 60 se extiende en su extremo opuesto a través de una pared extrema 64 de la cámara 62 de retirada (por medio de una junta deslizante) y está conectada a un motor 66 usado para hacer girar intermitentemente la barra giratoria 60 en torno a su eje longitudinal, que, a su vez, hace girar intermitentemente el elemento 40 en forma de espiral con respecto a su eje longitudinal. El motor 66 está montado en un carril 68 y se puede desplazar alternativamente de un lado a otro a lo largo del carril por medio de un empujador neumático o hidráulico 70 o mediante un accionamiento mecánico o eléctrico (no mostrado).

45 **[0048]** Con el elemento 40 en forma de espiral en la posición mostrada en la Figura 5 (habiendo penetrado ya en el lodo), finaliza la rotación del elemento en forma de espiral, y el empujador 70 se acciona para retirar el motor 66 hacia atrás a lo largo del carril 68, de manera que la barra 60 y el elemento 40 en forma de espiral se mueven hacia la derecha en el dibujo. La Figura 6 muestra el mismo aparato con el elemento en forma de espiral completamente desplazado hacia la derecha, en donde queda posicionado totalmente dentro de la cámara 62. Una vez en esta posición, comienza la rotación de la barra 60 y del elemento 40 en forma de espiral, y el empujador 70 mueve el motor 66 hacia delante a una velocidad adecuada para permitir que el propio elemento 40 en forma de espiral se sumerja dentro de la lechada de alta viscosidad posicionada en la cubeta 52. Idealmente, la velocidad de rotación del elemento 40 y la velocidad de traslación correspondiente a la inserción se adaptan para minimizar las perturbaciones de la lechada en el recipiente y la fuerza de cizalla aplicada. El elemento 40 en forma de espiral tiene una punta descubierta 42 en su extremo libre, que permite que el elemento horade la lechada de alta viscosidad en el recipiente, de una manera similar al funcionamiento de un taladro o sacacorchos. La lechada que ya está entre los álabes del elemento, de un ciclo de funcionamiento previo, permanece en la cámara 62, a medida que el elemento perfora lechada nueva en el propio recipiente. Una vez en la posición mostrada en la Figura 5, finaliza la rotación tal como se ha explicado anteriormente y se repite el ciclo. El movimiento del elemento en forma de espiral a la derecha en la Figura 5, provoca que un tapón o cilindro de la lechada asociada al elemento 40 en forma de espiral sea atraído en conjunto hacia la cámara 62, y el material de lechada que ya está en la cámara de un ciclo de funcionamiento previo es forzado a salir por una salida 72 de la cámara en la dirección de la flecha C. Idealmente, debe haber muy poco espacio libre entre el

elemento 40 y las paredes adyacentes de la cámara 62, de modo que el elemento actúa como un pistón para impulsar la lechada fuera de la cámara.

5 **[0049]** Debe indicarse que la disposición mostrada en las Figuras 5 y 6 conlleva tirar del elemento espiral fijo 40 sacándolo del recipiente después de la inserción con rotación. No obstante, en la presente invención también podría utilizarse una acción de empuje. Es decir, el elemento 40 se puede impulsar desde la izquierda en las Figs. 5 y 6, y se puede empujar hacia la cámara 62 todavía posicionada en el lado derecho. A continuación, el elemento se hace girar a medida que se tira del mismo sacándolo de la cámara hacia el recipiente.

10 **[0050]** En la realización de las Figuras 5 y 6 de la presente solicitud, se observa que la energía requerida para introducir el elemento 40 en forma de espiral en la cubeta 52 llenada con lechada de alta viscosidad, es relativamente pequeña debido al movimiento de tipo tornillo del elemento cuando el mismo es introducido, provocando un desplazamiento pequeño de la lechada. Esto tiene la ventaja de introducir una perturbación mínima en la estructura interna de la lechada. A continuación, tirando del elemento en forma de espiral fuera del recipiente sin ninguna rotación, sino con la fuerza de un empujador 70, la lechada mantiene su estructura de red interna inalterada y, por tanto, su valor de viscosidad original. Repitiendo este ciclo varias veces, la lechada de alta viscosidad es empujada hacia la tubería 72 y se puede transferir a otro recipiente, a un dispositivo de transporte o directamente a un emplazamiento para vertidos.

15 **[0051]** Normalmente, el aparato se puede accionar con hasta 30 carreras completas por minuto, aunque esto se puede variar claramente para adecuarse al tamaño y al tipo de equipo, y al tipo de lechada, etcétera.

20 **[0052]** Se apreciará que el elemento 40 en forma de espiral abierta, de la presente invención, particularmente el correspondiente de las realizaciones de las Figuras 5 y 6, debe ser un dispositivo de tipo tornillo que se pueda sumergir él mismo en una masa de material produciéndose una alteración mínima del material. Existen varios diseños de elemento en forma de espiral que pueden lograr esto, o incluso elementos de múltiples componentes tal como se muestra, por ejemplo, en la Figura 4.

25 **[0053]** El aparato de la presente invención tiene la capacidad de transportar una lechada de alta viscosidad hasta 100 metros o incluso más desde un recipiente, particularmente en las realizaciones de las Figuras 5 y 6.

30 **[0054]** Tal como se ha indicado, el aparato que se muestra en las Figs. 5 y 6 se presenta en forma simplificada y, en realidad, sería más complejo tal como se pondrá de manifiesto para aquellos versados en la materia. Por ejemplo, puede resultar deseable evitar el uso del alojamiento del motor 66 para transmitir fuerza desde el empujador 70 a la barra 60. En su lugar, el empujador 70 se puede conectar directamente a la barra 60 y a la disposición de engranajes usada para permitir que el motor haga girar la barra.

35 **[0055]** En todas las realizaciones anteriores, el elemento en forma de espiral se acciona horizontalmente. Esto es lo habitual aunque no es esencial. Por ejemplo, en la realización de la Figura 3, el elemento 40 en forma de espiral se puede disponer para extenderse en el recipiente 12 paralelo a la parte 18 de estrechamiento gradual de la pared lateral 14, especialmente si permanece sumergido en lodo con un alto contenido de sólidos. También es concebible, aunque no preferible en la actualidad, que el elemento en forma de espiral se pudiera disponer para extenderse verticalmente en el recipiente desde debajo, a través de una abertura en la pared inferior, siempre que el elemento no penetre completamente a través de la capa de lechada de alta viscosidad.

40 **[0056]** Habitualmente, aunque no de forma necesaria, el aparato se utiliza con recipientes de un diámetro de 8 metros o mayor (idealmente, 12 metros o mayor), y la longitud de inserción completa del elemento en forma de espiral en el recipiente es normalmente por lo menos, de forma aproximada, un tercio del diámetro del recipiente, más preferentemente la mitad del diámetro del recipiente, e incluso el diámetro completo del recipiente (tal como se muestra en la Fig. 3).

45 **[0057]** Aunque normalmente es deseable accionar el aparato para evitar que la viscosidad de la lechada varíe mucho cuando se retira del recipiente, el paso del elemento en forma de espiral (por ejemplo, el número de álabes por unidad de longitud) y su velocidad de rotación se pueden seleccionar alternativamente para variar la viscosidad y la velocidad de entrega de la lechada que sale del aparato. El motor usado para hacer girar el elemento en forma de espiral, particularmente en la realización de las Figuras 3 y 4, puede ser un motor de velocidad variable, de manera que la velocidad de rotación puede ser ajustada por un operario u ordenador in situ, para producir una lechada con una viscosidad de salida deseada.

50 **[0058]** La presente invención se puede utilizar con lechadas que tengan unos valores iniciales de esfuerzo de fluencia de por lo menos 30 Pascales (más preferentemente, por lo menos 50 Pascales), y también de hasta varios miles de Pascales. Aunque las lechadas con las que se usa la presente invención son en general de fluidificación por cizalla, esto no es esencial. Por ejemplo, los lodos con un alto contenido de arena pueden no presentar propiedades de fluidificación por cizalla, pero pueden seguir usándose con la presente invención. Pueden usarse también lechadas o pastas de

muchos procesos industriales, en donde se tritura material de aportación hasta un tamaño fino antes de la extracción o recuperación de un material deseado, por ejemplo, colas producidas durante la extracción de oro, cobre, cinc y plomo.

5 [0059] La presente invención se describe más detalladamente en referencia al siguiente Ejemplo el cual no debe considerarse como limitativo del alcance de la invención.

Ejemplo comparativo 1

10 [0060] Se llevó a cabo una prueba en un espesador hondo (12 metros de diámetro) del tipo descrito en la patente de Estados Unidos 4.830.507, modificado para incluir un elemento de eliminación en forma de espiral según se muestra en las Figs. 5 y 6 de los dibujos adjuntos. El espesador estaba equipado también con una bomba centrífuga convencional con un sistema de recirculación en el hundido tal como se describe en la patente de Estados Unidos 6.340.033.

15 [0061] El espesador se alimentó con una lechada de residuos de bauxita (lodo rojo) a un caudal de 500-550 m³/h. La lechada tenía un contenido de sólidos de 100-150 g/l (base seca) para una velocidad de alimentación total de 55 a 60 t/h.

20 [0062] La lechada se extrajo por medio de la bomba centrífuga con recirculación. Los resultados se resumen en la Fila 1 de la siguiente Tabla 1.

Tabla 1: Características del lodo en el hundido de un espesador industrial

Fila n.º	Posición de la muestra	Concentración de sólidos (%)	Esfuerzo de fluencia inicial (Pa)	Comentarios
1	Salida de la bomba centrífuga (con recirculación)	49,8	65	Lodo espeso que requiere recirculación para su extracción
2	Salida del tornillo	50,0	270	Lodo espeso que requiere recirculación para su extracción
3	Salida del tornillo	51,1	475	Lodo espeso que requiere recirculación para su extracción
4	Salida del tornillo	56,1	2.900	Lodo demasiado espeso para la recirculación
5	Salida del tornillo	56,6	4.300	Lodo demasiado espeso para la recirculación

Ejemplo 1

25 [0063] Se llevó a cabo una prueba en un espesador hondo piloto (diámetro de 0,6 metro por altura de 1,5 m) modificado para incluir un elemento de eliminación en forma de espiral, tal como se muestra en la Fig. 4.

30 [0064] El espesador se alimentó por medio de una bomba con una lechada de residuos de bauxita (lodo rojo) a un caudal de 1 L/min. La lechada tenía un contenido de sólidos de 100 g/l (base seca) para una velocidad de alimentación total de 6 kg/h.

35 [0065] La lechada se extrajo por medio del elemento de eliminación en forma de espiral. La concentración de sólidos en el hundido era constante al 52,2% con una relación de asentamiento de 0,5.

Ejemplo 2

40 [0066] Se repitió el procedimiento del Ejemplo Comparativo 1, excepto que la lechada se extrajo con el elemento en forma de espiral. Los resultados se resumen en la Fila 2 de la Tabla 1. Puede observarse que el lodo mantiene la misma concentración de sólidos, pero, en este caso, tiene un esfuerzo de fluencia mucho mayor (270 Pa).

[0067] El procedimiento se repitió nuevamente con un lodo de un contenido mayor de sólidos (51,1%), y el esfuerzo de fluencia medido es significativamente mayor (475 Pa). Los resultados se resumen en la Fila 3 de la Tabla 1.

45 [0068] Las lechadas obtenidas en ambos casos mencionados son ejemplos de lechadas pastosas (menos de 500 Pa) que también se podrían extraer con la bomba de recirculación. La diferencia es que el esfuerzo de fluencia del lodo en la salida de la "bomba de tornillo" (es decir, la bomba de acuerdo con la invención) es aproximadamente 4 veces mayor que el esfuerzo de fluencia del lodo "equivalente" que sale de una bomba centrífuga convencional.

50

Ejemplo 3

5 **[0069]** El procedimiento del Ejemplo Comparativo 1 se repitió nuevamente con lechadas con un contenido de sólidos todavía mayor (56,1 y 56,6%), y se obtuvieron lechadas de un esfuerzo de fluencia extremadamente alto (2.900 y 4.300 Pa). Los resultados se resumen en las Filas 4 y 5 de la Tabla 1. Estas lechadas son ejemplos de pastas sólidas, y no se pudieron extraer con ningún otro medio que no fuera el elemento en forma de espiral.

REIVINDICACIONES

1. Método de separación de componentes de una lechada por asentamiento por gravedad, en donde se forman una lechada pastosa o pasta sólida y un líquido clarificado, que comprende:
 - introducir una lechada en un interior de un recipiente (12) para decantar un volumen de lechada (24), presentando dicho recipiente una parte superior y un interior (46) formado por una pared lateral y una pared inferior para contener dicha lechada, y permitir que dicha lechada se separe en una lechada espesada en una parte inferior de dicho recipiente y un líquido clarificado en una parte superior de dicho recipiente;
 - retirar dicho líquido clarificado desde una salida (35) de líquido clarificado cerca de la parte superior del recipiente;
 - accionar un dispositivo (28) de rastrillaje que se extiende en dicho interior de dicho recipiente y que es accionable para formar dentro de dicho recipiente una región rastrillada (36) y una región no rastrillada (38) debajo de los márgenes del dispositivo de rastrillaje, donde se forma y acumula dicha lechada pastosa o pasta sólida,

caracterizado por

 - accionar un elemento en forma de espiral abierta por debajo de dicha región rastrillada, dentro de dicho interior del recipiente, para acoplarse físicamente a una fracción de dicha lechada pastosa o pasta sólida, y para eliminar dicha fracción de lechada pastosa o pasta sólida a través de una abertura (50) cerca de la pared inferior del recipiente, estando dicho elemento con forma de espiral abierta en comunicación directa y no confinada con dicho interior del recipiente, produciéndose dicha comunicación directa y no confinada sobre la mayor parte de una distancia del elemento de extensión o del elemento extensible cuando se extiende completamente en dicho recipiente.
2. Método de la reivindicación 1, en el que dicho elemento (40) en forma de espiral abierta se extiende sobre dicha distancia en el recipiente de manera permanente, y un mecanismo de accionamiento hace girar dicho elemento en torno a un eje longitudinal (44) para retirar del recipiente lechada pastosa o pasta sólida espesada.
3. Método de la reivindicación 1, en el que dicho elemento (40) en forma de espiral abierta es insertable en y extraíble de dicho recipiente (12) a través de dicha abertura (50), y en donde un mecanismo (66, 70) de accionamiento hace girar intermitentemente dicho elemento en torno a un eje longitudinal (44), y también hace que dicho elemento se mueva alternativamente de un lado a otro a lo largo de dicho eje entrando y saliendo de dicho recipiente.
4. Método de la reivindicación 3, en el que (66, 70) está posicionado fuera de dicho recipiente e incluye un motor giratorio (66) montado en una deslizadera (68), y un aparato (70) para mover dicho motor de un lado a otro en dicha deslizadera.
5. Método de la reivindicación 3, en el que dicho mecanismo (66, 70) de accionamiento hace girar dicho elemento (40) en forma de espiral abierta cuando dicho mecanismo extiende dicho elemento en dicho recipiente, e interrumpe dicha rotación cuando dicho mecanismo retira dicho elemento de dicho recipiente.
6. Método de la reivindicación 5, en el que dicho mecanismo (66, 70) de accionamiento coordina velocidades de rotación y traslación de dicho elemento (40) cuando dicho elemento se extiende en dicho recipiente para provocar una perturbación mínima de la lechada pastosa o la pasta sólida en dicho recipiente.
7. Método de la reivindicación 1, en el que dicha pared inferior (16) de dicho recipiente es plana y dicho elemento (40) en forma de espiral abierta se extiende en general horizontalmente de forma directa sobre dicha pared inferior de dicho recipiente cuando se extiende en el mismo.
8. Método de la reivindicación 1, en el que dicho elemento (40) con forma de espiral abierta se extiende desde dicha pared lateral (14) por lo menos hasta un centro de dicha pared inferior (16) del recipiente cuando se extiende durante dicha distancia en el mismo.
9. Método de la reivindicación 1, en el que dicha pared inferior (16) del recipiente (12) tiene, formada en el mismo, una cubeta (52) que se proyecta en sentido descendente, con la parte superior abierta, extendiéndose hacia dentro con respecto al recipiente desde dicha pared lateral (14), y en donde dicho elemento (40) con forma de espiral abierta ocupa dicha cubeta cuando se extiende en dicho recipiente.
10. Método de la reivindicación 9, en el que dicha parte superior abierta (51) de dicha cubeta (52) tiene un área eficaz para permitir que dicha lechada pastosa o pasta sólida descienda en dicha cubeta por el efecto de la gravedad.

11. Método de la reivindicación 10, en el que dicha área se corresponde con por lo menos (1,5 veces un diámetro exterior del elemento en forma de espiral abierta) X (50% de un radio del recipiente en dicha pared inferior).
- 5 12. Método de la reivindicación 1, que incluye una cámara (62) de retirada conectada a dicha abertura externamente con respecto al recipiente (12) para recibir lechada pastosa o pasta sólida retirada del recipiente por dicho elemento (40) con forma de espiral abierta y para transportar dicha lechada a una ubicación deseada.
- 10 13. Método de la reivindicación 1, en el que dicho elemento (40) con forma de espiral abierta comprende dos elementos espirales, coaxiales, anidados (53, 54) con forma de sacacorchos, de diámetros diferentes.
14. Método de la reivindicación 1, adaptado para separar componentes de lodo rojo con el fin de formar la lechada pastosa o pasta sólida.
- 15 15. Método de la reivindicación 1, en el que la salida para el líquido clarificado está situada en la pared lateral cerca de la parte superior del recipiente.
- 20 16. Método de la reivindicación 1, en el que un mecanismo de accionamiento incluye medios (66) para hacer girar el elemento (40) en torno a un eje longitudinal (44) del mismo, en una dirección destinada a eliminar lechada pastosa o pasta sólida de dicho recipiente (12) a través de dicha abertura (50).
- 25 17. Método de la reivindicación 1, en el que dicho elemento giratorio, alargado, (40) con forma de espiral abierta, está montado de manera deslizable para su inserción selectiva en y su retirada del interior del recipiente en o cerca de la pared inferior, y un mecanismo de accionamiento incluye medios (70) para mover de forma deslizable dicho elemento de manera que entre y salga del interior del recipiente, y medios (66) para hacer girar dicho elemento por lo menos cuando dichos medios destinados a mover de forma deslizable el elemento mueven dicho elemento hacia dicho interior del recipiente.
- 30 18. Método de la reivindicación 1, en el que dicho elemento (40) con forma de espiral abierta se hace mover longitudinalmente de manera alternativa entrando y saliendo de dicho recipiente (12) para eliminar dicha lechada (38), y en donde el movimiento de dicho elemento con forma de espiral hacia dicho recipiente viene acompañado por la rotación de dicho elemento para provocar que dicho elemento penetre en dicha lechada pastosa o pasta sólida, y en donde dicho elemento con forma de espiral está fijado contra la rotación cuando dicho elemento se mueve saliendo de dicho recipiente.
- 35 19. Método de la reivindicación 18, en el que dicho elemento (40) con forma de espiral abierta entra en una cámara (62) cuando se mueve saliendo de dicho recipiente (12), y, lechada pastosa o pasta sólida retirada del recipiente por dicho elemento es dejada detrás en dicha cámara cuando dicho elemento se mueve nuevamente hacia dicho recipiente.
- 40

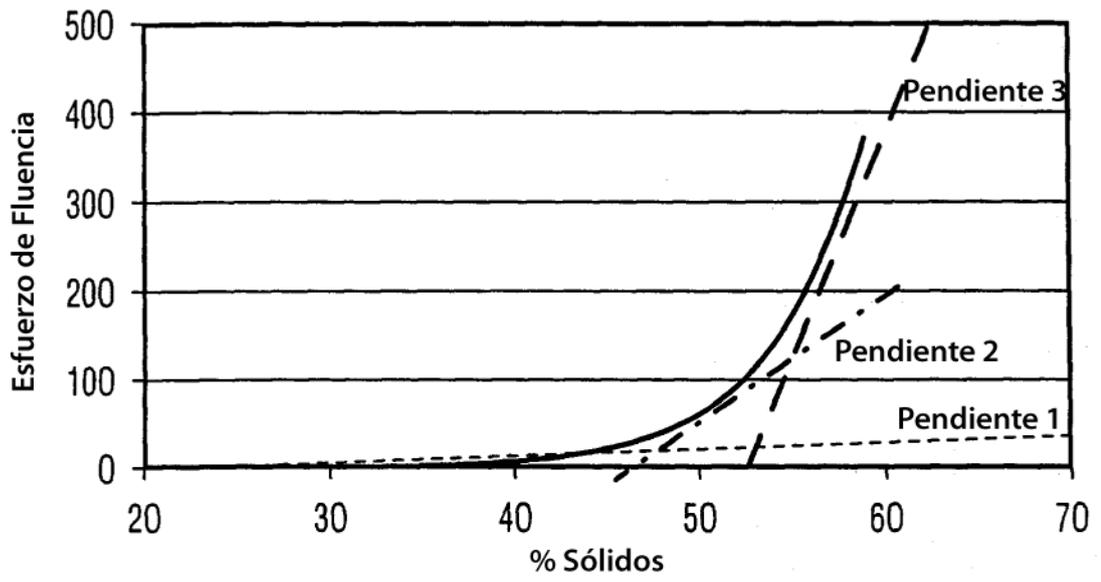


FIG. 1

FIG. 2A

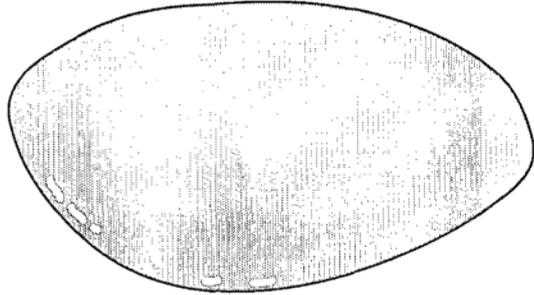


FIG. 2B

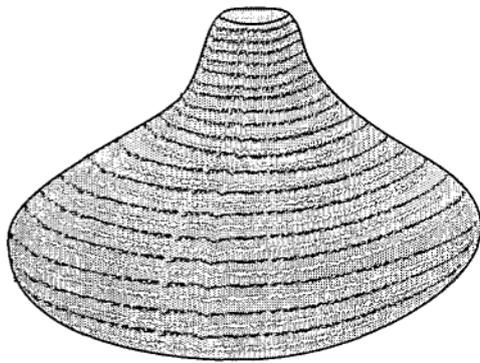
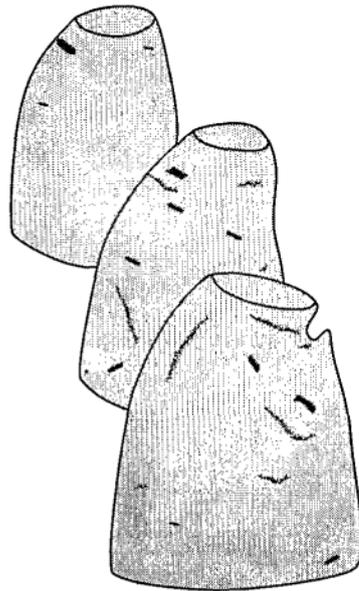


FIG. 2C



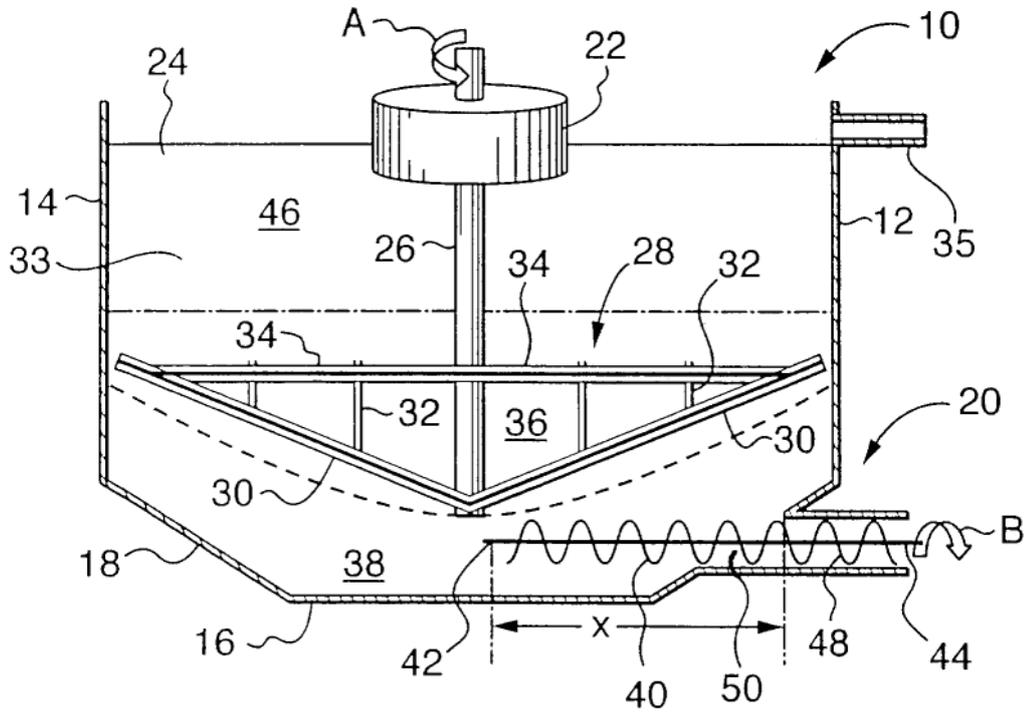


FIG. 3

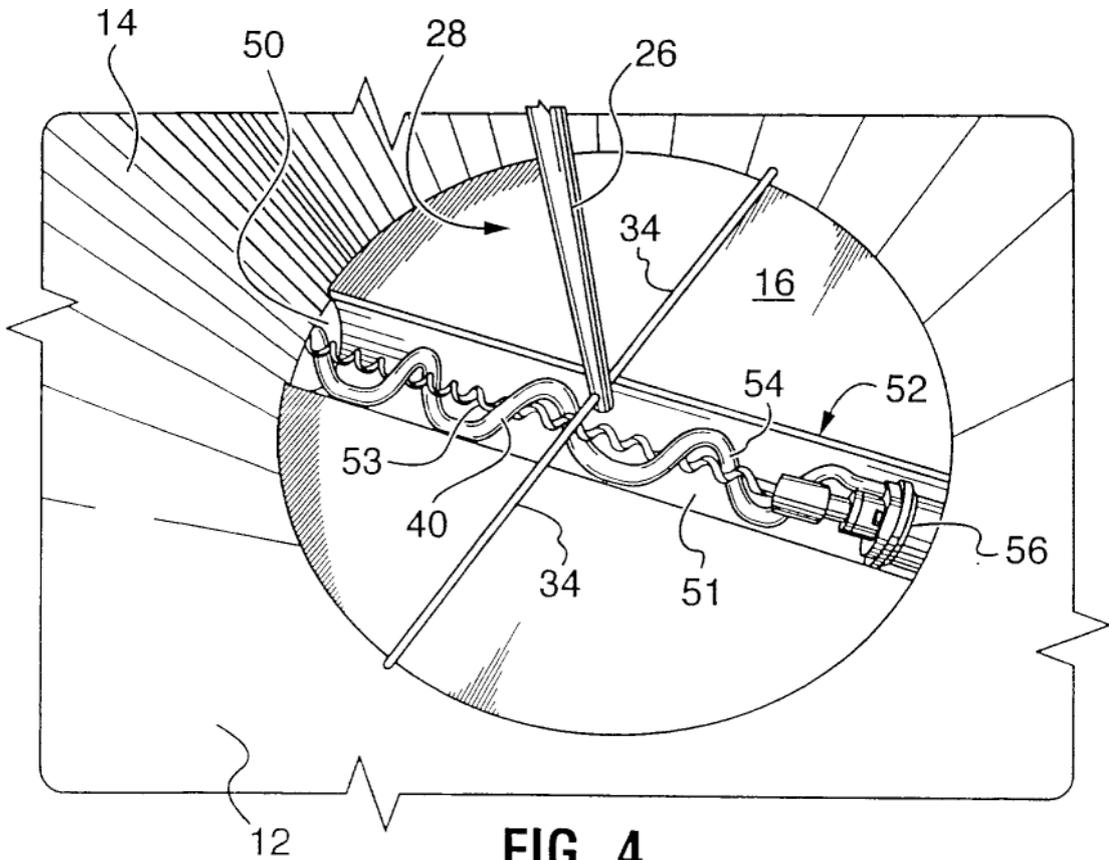


FIG. 4

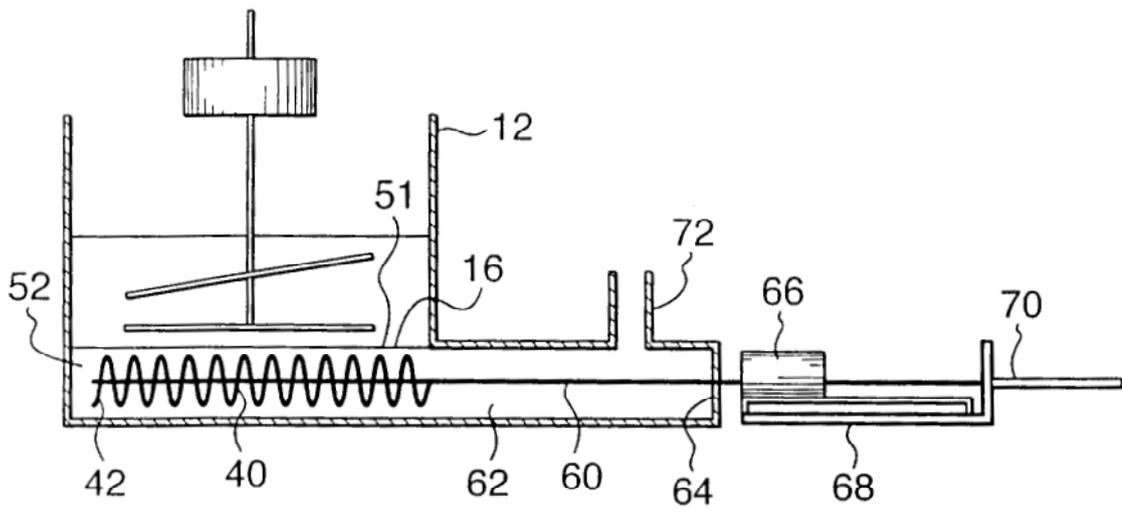


FIG. 5

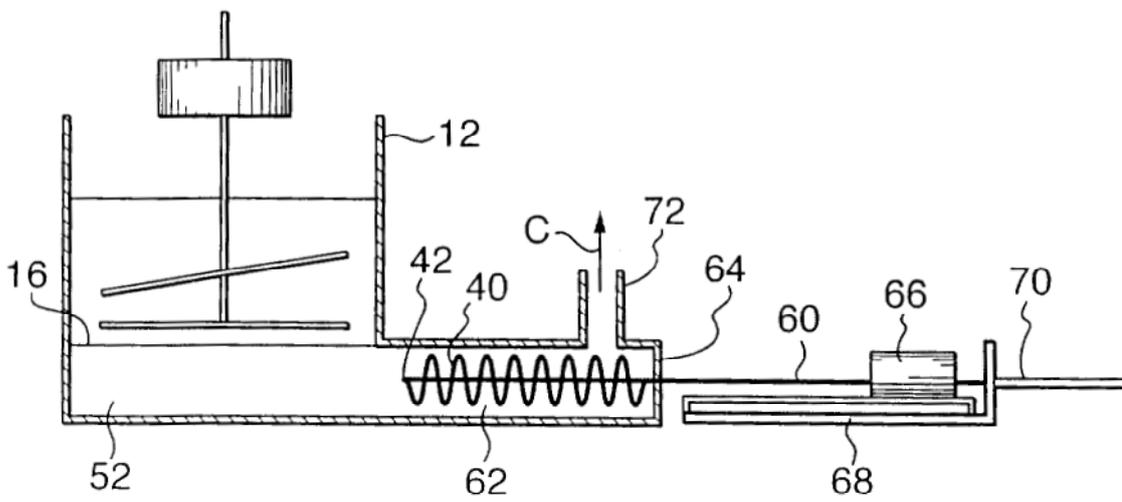


FIG. 6