

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 592**

51 Int. Cl.:

**B04B 1/08** (2006.01)

**B04B 1/10** (2006.01)

**B04B 11/02** (2006.01)

**B04B 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2015** **E 15165031 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020** **EP 3085449**

54 Título: **Separador centrífugo y métodos relacionados con el mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.02.2021**

73 Titular/es:

**ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)**  
**Box 73**  
**221 00 Lund, SE**

72 Inventor/es:

**BORGTRÖM, LEONARD y**  
**THORWID, PETER**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 807 592 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

Separador centrífugo y métodos relacionados con el mismo

5 **Campo técnico**

La invención se refiere en general a la supervisión y control de una posición de línea E en un separador centrífugo. Más específicamente, la invención se refiere a un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo, un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo, y programas informáticos y productos de programa informático relacionados con los mismos. La invención se refiere adicionalmente a un separador centrífugo en el que se controla la posición de línea E.

**Antecedentes de la técnica**

15 Dentro de un rotor de rotación de un separador centrífugo, se forma una interfaz entre una fase líquida pesada y fase líquida ligera. La interfaz puede denominarse también como una línea E. La posición de la interfaz es importante para la realización de la separación del separador centrífugo. Si la interfaz se sitúa demasiado lejos radialmente hacia fuera, la fase líquida ligera escapará a través de una salida para fase líquida pesada, y viceversa. Además, en una posición óptima de la interfaz, puede utilizarse la capacidad total del separador centrífugo. Si la interfaz se sitúa radialmente  
20 hacia dentro desde esta posición óptima, por ejemplo para evitar que la interfaz se situara demasiado lejos radialmente hacia fuera, no se utiliza la capacidad total del separador centrífugo.

El documento US 6143183 desvela sistemas de control informáticos para monitorizar, diagnosticar, operar y controlar diversos parámetros y procesos de centrifugadoras de alimentación continua. El sistema de control informático acciona  
25 al menos uno de una pluralidad de dispositivos de control basándose en la entrada de uno o más sensores de monitorización para proporcionar control operacional continuo en tiempo real. Los sensores de monitorización pueden detectar parámetros de proceso y otros parámetros ubicados dentro de un rotor de la centrifugadora y fuera o exterior a la centrifugadora. Los parámetros de operación de máquina y parámetros relacionados con los flujos de entrada y salida de la centrifugadora. Los sensores de monitorización pueden medir directamente una posición de unas  
30 interfaces en el rotor.

El documento US 6616589 desvela equipo de control para su uso con una centrifugadora de boquilla para separar un líquido de fase ligera, un líquido de fase pesada, y/o sólidos de una mezcla de los mismos en donde la fase pesada  
35 separada y los sólidos se eliminan continuamente a través de boquillas que están dispuestas en la periferia del rotor de la centrifugadora de boquilla. El líquido de fase ligera separado se descarga a través de una salida central en el rotor. A través de un espacio en el rotor, que comunica con la parte radialmente exterior de la cámara de separación de rotor, puede suministrarse líquido bajo presión al rotor o descargarse desde el rotor para mantener una capa de interfaz formada en la cámara de separación, entre las fases ligera y pesada separadas. Un dispositivo de suministro y un dispositivo de descarga están adaptados para suministrar al rotor y descargar desde el rotor, respectivamente,  
40 únicamente el líquido necesario según se requiera para dicho fin. El dispositivo de descarga se separa del dispositivo de suministro, de manera que el líquido descargado no necesita someterse a la presión generada por o mantenida en el dispositivo de suministro. La capa de interfaz se controla suministrando y descargando líquido usando válvulas de presión constante.

45 El documento US 2009/298666 desvela un separador con un tambor de separador que tiene un eje vertical de rotación y separador que, adicionalmente, tiene lo siguiente: un husillo giratorio para accionar la batería de separadores, un tubo de entrada para que se procese un producto, al menos dos salidas de líquido, cada una para una fase ligera (LP) y una fase pesada (HP). La salida líquida para la fase ligera se proporciona con un disco de recorte. Una pila de placa de separación está dispuesta en el tambor de separador. La salida de líquido para la fase pesada es seguida fuera del tambor mediante un dispositivo de regulación configurable que tiene un disco anular, y está diseñada para desplazar  
50 el radio de líquido R(HP), hasta el que se extiende la fase pesada en el tambor, mediante una vibración en la sección transversal de flujo de salida para la fase líquida pesada, es decir, mediante regulación. Se menciona una influencia de caídas de presión en la salida de fase pesada y en el disco de recorte, en los radios de flujo de salida de fase pesada y fase ligera. Un sistema experto en línea no descrito más detalladamente es supuestamente capaz de  
55 mantener un proceso de separación estable, incluso aunque pueda tener lugar una fluctuación en la tasa de suministro de producto y composición de producto o una fluctuación de densidad de la fase líquida pesada HP y/o la más ligera LP. Mediante la medición de ciertas cantidades de flujo y/o densidades, supuestamente se pueden sacar conclusiones para establecer el dispositivo de regulación de la salida de fase pesada y/o regulación del disco de recorte.

60 Disponer sensores en un rotor de rotación rápida de un separador centrífugo como se desvela en el documento US 6143183 es problemático. Las fuerzas centrífugas y fluidos que fluyen afectan a los sensores. Además, es difícil la transmisión de señales de los sensores de rotación rápida. Por consiguiente, medir una posición de una línea E con sensores en un rotor de un separador es difícil. El enfoque de uso de un sistema de expertos para regular en las salidas de fase ligera y fase pesada como se desvela en el documento US 2009/298666 puede ser una alternativa  
65 posible. Sin embargo, el documento US 2009/298666 únicamente menciona un sistema experto de este tipo sin proporcionar información acerca de su implementación.

## Sumario

5 Es un objetivo de la invención superar al menos parcialmente una o más de las limitaciones anteriormente identificadas de la técnica anterior. En particular, es un objetivo supervisar una posición de una posición de línea E en un separador centrífugo.

10 De acuerdo con un aspecto de la invención, el objetivo se consigue mediante un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida. El separador centrífugo comprende un rotor, una pila de discos de separación cónicos dispuestos dentro del rotor, una entrada para la mezcla de alimentación líquida en el rotor, un primer pasaje de salida para la fase líquida ligera desde el rotor, un segundo pasaje de salida para la fase líquida pesada desde el rotor. Un lado de entrada del primer pasaje de salida está dispuesto en un primer radio y un lado de entrada del segundo pasaje de salida está dispuesto en un segundo radio. El método que comprende las etapas de: girar el rotor a una velocidad angular, alimentar la mezcla de alimentación líquida en el rotor, monitorizar una densidad de la fase líquida ligera, monitorizar una densidad de la fase líquida pesada, monitorizar una presión en un lado de salida del primer pasaje de salida y/o en un lado de salida del segundo pasaje de salida, monitorizar un primer parámetro relacionado con una primera caída de presión entre la posición de línea E y el lado de salida del primer pasaje de salida, monitorizar un segundo parámetro relacionado con una segunda caída de presión entre la posición de línea E y el lado de salida del segundo pasaje de salida, y calcular de manera continua un parámetro relacionado con la posición de línea E basándose en: el primer radio, el segundo radio, la velocidad angular, la densidad monitorizada de la fase líquida ligera, la densidad monitorizada de la fase líquida pesada, la presión monitorizada en el lado de salida del primer pasaje de salida y/o en el lado de salida del segundo pasaje de salida, el primer parámetro monitorizado relacionado con una primera caída de presión entre la posición de línea E y el lado de salida del primer pasaje de salida, y el segundo parámetro monitorizado relacionado con una segunda caída de presión entre la posición de línea E y el lado de salida del segundo pasaje de salida.

30 Puesto que se calcula de manera continua un parámetro relacionado con la posición de línea E basándose en las densidades monitorizadas de la fase líquida ligera y la fase líquida pesada, la presión monitorizada en el lado de salida del primer pasaje de salida y/o en el lado de salida del segundo pasaje de salida, el primer parámetro monitorizado y el segundo parámetro monitorizado, se proporciona una base para que se supervise de manera fiable la posición de línea E. Como resultado, se consigue el objetivo anteriormente mencionado.

35 Se ha observado por el inventor que la monitorización de estos parámetros particulares hace posible calcular de manera continua un parámetro relacionado con la posición de línea E.

40 El rotor del separador centrífugo gira alrededor de un eje de rotación. El primer y segundo radios se miden desde el eje de rotación hasta los respectivos lados de entrada del primer y segundo pasajes de salida. La fase líquida ligera fluye fuera del separador centrífugo a través del primer pasaje de salida. La fase líquida pesada fluye fuera del separador centrífugo a través del segundo pasaje de salida. El separador centrífugo puede estar configurado para separar un componente de densidad superior que la fase líquida pesada, de la mezcla líquida. El componente puede comprender materia sólida y/o lodo. Las densidades de la fase líquida ligera y la fase líquida pesada pueden monitorizarse directamente o monitorizarse indirectamente. La expresión "cálculo de manera continua", en el contexto de cálculo de manera continua de un parámetro relacionado con la posición de línea E, conlleva que se calcule el parámetro relacionado con la posición de línea E en instancias discretas, de manera más o menos regular con el tiempo. La frecuencia de tales instancias discretas puede depender de la variación temporal en la composición de mezcla de alimentación líquida alimentada en el separador centrífugo. El parámetro relacionado con la posición de línea E puede ser el radio real de la línea E en el rotor. Sin embargo, como alternativa, pueden calcularse otros parámetros relacionados con la posición de línea E, tal como, por ejemplo, una presión en una salida para la fase líquida pesada y/o una salida para la fase líquida ligera.

50 De acuerdo con las realizaciones, la etapa de monitorización de la densidad de la fase líquida ligera puede comprender monitorizar una temperatura de la fase líquida ligera o de la mezcla de alimentación líquida, y la etapa de monitorización de la densidad de la fase líquida pesada puede comprender monitorizar una temperatura de la fase líquida pesada o de la mezcla de alimentación líquida. La etapa de cálculo de manera continua de un parámetro relacionado con la posición de línea E puede comprender: calcular la densidad de la fase líquida ligera basándose en la temperatura monitorizada de la fase líquida ligera o de la mezcla de alimentación líquida, y calcular la densidad de la fase líquida pesada basándose en la temperatura monitorizada de la fase líquida pesada o de la mezcla de alimentación líquida. De esta manera, las densidades de la fase líquida ligera y la fase líquida pesada pueden monitorizarse indirectamente y pueden establecerse fácilmente basándose en las monitorizadas de las temperaturas de la fase líquida ligera y de la fase líquida pesada, o de la mezcla de alimentación líquida. En el último caso se supone que las temperaturas de las fases líquidas ligera y pesada son iguales que las de la mezcla de alimentación líquida.

65 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención se proporciona un programa informático configurado para realizar un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realización desvelada en el presente documento.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención se proporciona un producto de programa informático que comprende código legible por ordenador configurado para provocar que un sistema de control asociado a un separador centrífugo realice un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realización desvelada en el presente documento. Un producto de programa informático de este tipo puede ser, por ejemplo, un disco CD-ROM, un dispositivo de memoria USB, una unidad de disco duro, un chip ROM o chip EPROM.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención se proporciona un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida, comprendiendo el separador centrífugo un rotor que puede girar alrededor de un eje de rotación, una pila de discos de separación cónicos dispuestos dentro del rotor, una entrada para la mezcla de alimentación líquida en el rotor, un primer pasaje de salida para la fase líquida ligera desde el rotor, un segundo pasaje de salida para la fase líquida pesada desde el rotor, en donde un lado de entrada del primer pasaje de salida está dispuesto en un primer radio y un lado de entrada del segundo pasaje de salida está dispuesto en un segundo radio, en donde el separador centrífugo comprende adicionalmente una primera válvula controlable para controlar una presión en un lado de salidas del primer pasaje de salida y/o una segunda válvula controlable para controlar una presión en un lado de salida del segundo pasaje de salida. El método de control de una posición de línea E incluye un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realización desvelada en el presente documento, y comprende adicionalmente las etapas de:

aumentar una presión en el lado de salida del segundo pasaje de salida usando la segunda válvula, y/o reducir una presión en el lado de salida del primer pasaje de salida usando la primera válvula, si la posición de línea E real se extiende radialmente fuera de un punto de ajuste de posición de línea E. Puesto que la posición de línea E se supervisa de manera fiable como se ha analizado anteriormente y la segunda válvula se utiliza para aumentar la presión en el lado de salida del segundo pasaje de salida, y/o la primera válvula se utiliza para reducir la presión en el primer pasaje de salida, la posición de línea E se ajusta radialmente hacia dentro hacia el punto de ajuste de línea E cuando así se requiere. Además, puesto que se supervisa la posición de línea E como se ha analizado anteriormente, y en consecuencia, se calcula de manera continua un parámetro relacionado con la posición de línea E, la posición de línea E se controla de una manera, que no requiere medición directa de la posición de línea E real. Dicho de otra manera, la posición de línea E se controla basándose en un parámetro calculado relacionado con la posición de línea E. Una de las ventajas con la presente invención es que es posible compensar una temperatura de mezcla de alimentación líquida irregular en la entrada del separador centrífugo.

De acuerdo con las realizaciones el método de control de una posición de línea E puede comprender las etapas de: reducir una presión en el lado de salida del segundo pasaje de salida usando la segunda válvula, y/o aumentar una presión en el lado de salida del primer pasaje de salida usando la primera válvula, si la posición de línea E real se extiende radialmente dentro de un punto de ajuste de posición de línea E. De esta manera la posición de línea E puede ajustarse radialmente hacia fuera hacia el punto de ajuste de línea E cuando así se requiera.

De acuerdo con las realizaciones la presión en el lado de salida del segundo pasaje de salida, o la presión en el lado de salida del primer pasaje de salida, pueden controlarse por una variable manipulada de un algoritmo de control PI para controlar la posición de línea E en el separador centrífugo. De esta manera la posición de línea E puede controlarse con un algoritmo de control PI dejando que el algoritmo de control PI controle la presión en el lado de salida del segundo pasaje de salida, o en el lado de salida del primer pasaje de salida, utilizando la posición de línea E calculada por el método de supervisión de la posición de línea E.

De acuerdo con las realizaciones el rotor puede comprender al menos una apertura de boquilla dispuesta periféricamente para eyectar de manera continua materia sólida y/o lodo desde el rotor durante la rotación del rotor. El método puede comprender adicionalmente una etapa de: añadir fase líquida pesada en el rotor si el flujo de fase líquida pesada a través de la al menos una apertura de boquilla supera el contenido de fase líquida pesada de la mezcla de alimentación líquida.

De esta manera la posición de línea E puede ajustarse hacia la posición de punto de ajuste de línea E en un separador centrífugo proporcionado con aperturas de boquilla periférica para eyectar materia sólida y/o lodo desde el rotor si la mezcla de alimentación líquida debiera contener demasiada poca agua. La fase líquida pesada puede añadirse en el rotor por ejemplo mediante el segundo pasaje de salida, mediante un conducto separado que conduce a la porción periférica del rotor, o añadiendo la fase líquida pesada a la mezcla de alimentación líquida.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención se proporciona un programa informático configurado para realizar un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realizaciones desveladas en el presente documento.

De acuerdo con un aspecto adicional se proporciona un producto de programa informático que comprende código legible por ordenador configurado para provocar que un sistema de control asociado a un separador centrífugo realice un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera

y/o realización desvelada en el presente documento. Un producto de programa informático de este tipo puede ser, por ejemplo, un disco CD-ROM, un dispositivo de memoria USB, una unidad de disco duro, un chip ROM o un chip EPROM.

5 De acuerdo con un aspecto adicional se proporciona un separador centrífugo configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida. El separador centrífugo comprende un rotor que puede girar alrededor de un eje de rotación, una pila de discos de separación cónicos dispuestos dentro del rotor, una entrada para la mezcla de alimentación líquida en el rotor, un primer pasaje de salida para la fase líquida ligera desde el rotor, y un segundo pasaje de salida para la fase líquida pesada desde el rotor. Un lado de entrada del primer pasaje de salida está dispuesto en un primer radio y un lado de entrada del segundo pasaje de salida está dispuesto en un segundo radio. El separador centrífugo comprende adicionalmente una primera válvula controlable para controlar una presión en un lado de salidas del primer pasaje de salida y/o una segunda válvula controlable para controlar una presión en un lado de salida del segundo pasaje de salida, y un sistema de control configurado para realizar un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realización desvelada en el presente documento.

De acuerdo con las realizaciones el separador centrífugo puede estar configurado adicionalmente para separar materia sólida y/o lodo de la mezcla líquida. El rotor puede comprender puertos de descarga para descarga intermitente del sólido separado y/o lodo. De esta manera la materia sólida y/o lodo recogidos en una periferia interna del recipiente separador pueden eyectarse del recipiente separador a través de los puertos de descarga. Los puertos de descarga pueden abrirse intermitentemente por un sistema de control del separador centrífugo. Para conseguir una apertura intermitente de los puertos de descarga, el rotor puede comprender una porción de recipiente superior y una porción de recipiente inferior. Cuando se separan las porciones de recipiente superior e inferior, la materia sólida y/o lodo pueden fluir fuera a través de los puertos de descarga. Una separación intermitente de las porciones de recipiente superior e inferior puede controlarse por el sistema de control.

De acuerdo con las realizaciones el separador centrífugo puede estar configurado adicionalmente para separar materia sólida y/o lodo de la mezcla líquida. El rotor comprende al menos una apertura de boquilla dispuesta periféricamente para eyectar de manera continua la materia sólida y/o lodo desde el rotor durante la rotación del rotor. De esta manera la materia sólida y/o lodo pueden separarse de la mezcla líquida y pueden descargarse de manera continua a través de la al menos una apertura de boquilla.

La materia sólida y/o lodo forman un componente de densidad superior que la fase líquida pesada, para separarse de la mezcla líquida.

Otros objetivos, características, aspectos y ventajas más de la invención aparecerán a partir de la siguiente descripción detallada así como de los dibujos.

#### Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que

Las Figuras 1a y 1b ilustran secciones transversales parciales a través de porciones de separadores centrífugos de acuerdo con las realizaciones,

La Figura 2 muestra un tubo U con un segmento relleno con una fase líquida pesada y el otro segmento relleno con una fase líquida ligera,

Las Figuras 3a y 3b ilustran secciones transversales a través de porciones de separadores centrífugos de acuerdo con las realizaciones,

La Figura 4 ilustra un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo, y

La Figura 5 ilustra un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo.

#### Descripción detallada

Los aspectos de la presente invención se describirán más completamente. Números de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de todo el presente documento. Funciones o construcciones bien conocidas no se describirán necesariamente en detalle por brevedad y/o claridad.

La **Figura 1a** ilustra una sección transversal parcial a través de una porción de un separador centrífugo 2 de acuerdo con las realizaciones. El separador centrífugo 2 comprende un rotor 4 que puede girar alrededor de un eje de rotación 6 y una pila de discos de separación cónicos 8 dispuestos dentro del rotor 4. El rotor 4 está dispuesto en un alojamiento de separador no mostrado. La pila de discos de separación 8 está dispuesta entre un disco superior 7 y un disco inferior 9, que también puede denominarse como un distribuidor. Un espacio de separación 5 se forma entre el disco superior 7 y el disco inferior 9 en el rotor 4. El separador centrífugo 2 comprende adicionalmente una entrada centralmente dispuesta 10 en el rotor 4, un primer pasaje de salida 12 desde el rotor 4, y un segundo pasaje de salida 14 desde el rotor 4.

El separador centrífugo 2 está configurado para separar una fase líquida ligera y una fase líquida pesada de una mezcla de alimentación líquida. La mezcla de alimentación líquida entra en el rotor 4 mediante la entrada 10 durante la rotación del rotor 4. La mezcla de alimentación líquida fluye por debajo del disco inferior 9 a uno o más denominados canales de distribución 15 formados a través del disco inferior 9 y mediante orificios o ranuras en los discos de separación 8. A través de los canales de distribución 15 la mezcla de alimentación líquida está distribuida en la pila de discos de separación 8 y el espacio de separación 5. En la pila de discos de separación 8 la mezcla de alimentación líquida se separa en la fase líquida ligera y la fase líquida pesada. Una interfaz entre las fases líquidas ligera y pesada, una denominada línea E 21, se forma en el rotor 4. La fase líquida ligera fluye, o se bombea, desde el rotor 4 mediante el primer pasaje de salida 12. De manera similar, la fase líquida pesada fluye, o se bombea, desde el rotor 4 mediante el segundo pasaje de salida 14. Entre otros, el primer y segundo pasajes de salida 12, 14 y su disposición particular determinan el radio  $R_E$  de la línea E 21 en el separador centrífugo 2. El radio  $R_E$  de la línea E 21 puede denominarse también como la posición de línea E.

En este contexto puede mencionarse que en una zona intermedia entre la fase líquida pesada y la fase líquida ligera hay un gradiente de concentración. La línea E, línea de equilibrio, es una simplificación de esta zona intermedia como una interfaz distinta entre las dos fases líquidas.

Una manera de control de la posición de línea E es mediante el uso de vertederos 16, 18, como en las realizaciones ilustradas en la **Figura 1a**. El vertedero en el lado de la fase ligera se denomina un anillo de nivel 16 mientras que el vertedero en el lado de la fase pesada se denomina un disco de gravedad 18. El primer pasaje de salida 12 empieza en el anillo de nivel 16. Por consiguiente, un lado de entrada del primer pasaje de salida 12 está dispuesto en un primer radio  $R_L$ . De manera similar, el segundo pasaje de salida 14 empieza en el disco de gravedad 18 y un lado de entrada del segundo pasaje de salida 14 está dispuesto en un segundo radio  $R_G$ . En estas realizaciones, el primer y segundo pasajes de salida 12, 14 cada uno comprende adicionalmente un miembro de salida 17, 19 en forma de un disco de recorte.

De acuerdo con algunas realizaciones, el separador centrífugo 2 puede estar configurado adicionalmente para separar materia sólida y/o lodo de la mezcla de alimentación líquida. El rotor 4 puede comprender un recipiente separador que tiene una porción de recipiente superior 20 y una porción de recipiente inferior 22, que pueden estar configuradas para separar de manera intermitente entre sí durante la rotación del rotor 4. Por lo tanto, el lodo recogido en un espacio de lodo 24 del rotor 4 en una periferia interna del recipiente separador puede eyectarse del recipiente separador y el rotor 4. La separación de las porciones de recipiente superior e inferior 20, 22 puede controlarse por un sistema de control 25 del separador centrífugo 2. Radialmente fuera de las porciones de recipiente superior e inferior 20, 22, el rotor 4 comprende puertos de descarga no mostrados a través de los cuales se descarga la materia sólida separada y/o el lodo del espacio de lodo 24 intermitentemente durante la rotación del rotor 4. Los puertos de descarga se abren intermitentemente mediante el sistema de control 25 del separador centrífugo 2, sistema de control 25 que está configurado para separar intermitentemente las porciones de recipiente superior e inferior 20, 22.

De acuerdo con realizaciones alternativas ilustradas en la **Figura 1b**, el rotor 4 puede comprender al menos una apertura de boquilla dispuesta periféricamente 27 para eyectar de manera continua la materia sólida y/o lodo del espacio de lodo 24 del rotor 4 durante la rotación del rotor 4.

De acuerdo con una realización la mezcla de alimentación líquida contiene aceite, agua y materia sólida. Por consiguiente, en tales realizaciones la fase líquida ligera es aceite y la fase líquida pesada es agua. La materia sólida puede ser cualquier materia no líquida que tiene una densidad superior que el líquido pesado, es decir más pesada que el agua en estas realizaciones. La materia sólida y el agua forman lodo, que se recoge en el espacio de lodo 24 del rotor 4, en la posición radial más grande dentro del rotor 4. Desde el espacio de lodo 24 el lodo se eyecta mediante puertos de descarga, o aperturas de boquilla como se ha analizado anteriormente.

La posición de línea E es importante para la eficacia de la separación de las fases líquidas ligera y pesada en el separador centrífugo 2. Para un separador centrífugo 2, donde la mezcla de alimentación líquida comprende principalmente aceite con algo de agua y alguna materia sólida, una posición de línea E óptima es en un radio fuera los canales de distribución 15. Si la posición de línea E es a un radio menor, la mayoría del flujo va a través de la parte inferior de la pila de discos de separación 8 y la eficacia de separación está bastante por debajo de lo que puede obtenerse por el separador centrífugo 2 en comparación con tener la línea E 21 en la posición de línea E óptima. La desventaja de mantener la posición de línea E en un radio demasiado grande es que puede escapar más fase líquida ligera, es decir, en este caso aceite, mediante el segundo pasaje de salida 14, es decir, en este caso la salida para agua. Además, si la posición de línea E está ubicada fuera del disco superior 7, la línea E 21 se "pierde" y no hay nada que evite que ambas de las fases líquida ligera y pesada alcancen el segundo pasaje de salida 14.

Una teoría física para determinar una posición de línea E, es decir un radio  $R_E$  de una línea E en un separador centrífugo se analizará a continuación en más detalle. La **Figura 2** muestra un tubo U con un segmento relleno con una fase líquida pesada y el otro segmento relleno con una fase líquida ligera. En la línea E 21 la presión  $P_E$  de la fase líquida ligera y la presión de la fase líquida pesada están en equilibrio. Esto proporciona la ecuación de equilibrio estático (1):

$$P_E = \rho_{HP} h_{HP} g + P_{ambiente} = \rho_{LP} h_{LP} g + P_{ambiente} \quad (1)$$

5 donde  $P_{ambiente}$  = presión de aire circundante;  $\rho_{HP}$ ,  $\rho_{LP}$  = densidades de fase líquida pesada y ligera;  $h_{HP}$ ,  $h_{LP}$  = altura de columnas de fase líquida pesada y ligera; y  $g$  = aceleración gravitacional.

La correspondiente ecuación de equilibrio estático (2) para la presión  $P_E$  en la línea E 21 en un rotor 4 de un separador centrífugo 2, como se analiza en relación con las **Figuras 1a y 1b**, se lee:

$$10 \quad P_E = \rho_{HP} \cdot \frac{1}{2} \omega^2 (R_E^2 - R_G^2) + P_{gasHP} = \rho_{LP} \cdot \frac{1}{2} \omega^2 (R_E^2 - R_L^2) + P_{gasLP} \quad (2)$$

15 donde  $R_E$  = posición radial si la línea E;  $R_G$  = radio de disco de gravedad 18;  $R_L$  = radio de anillo de nivel 16;  $P_{gasHP}$  = presión de gas en la superficie de fase líquida pesada en el disco de gravedad 18;  $P_{gasLP}$  = presión de gas en la superficie de fase líquida ligera en el anillo de nivel 16;  $\omega$  = velocidad angular del rotor 4.

15 En un separador 2 que tiene un anillo de nivel 16 y un disco de gravedad 18, es común poner en práctica la selección de un disco de gravedad 18 que tiene un radio adecuado  $R_G$  para conseguir un radio deseado  $R_E$  de la línea E 21 (posición de la línea E) con un radio dado  $R_L$  del disco de nivel 16. Si el separador centrífugo está diseñado con orificios de ventilación para la ecualización de las presiones de gas, las dos presiones de gas  $P_{gasHP}$  y  $P_{gasLP}$  son iguales. Por  
20 consiguiente, la ecuación de equilibrio estático (2) proporciona el radio  $R_G$  para el disco de gravedad 18 en la ecuación (3):

$$R_G = \sqrt{\frac{(\rho_{HP} - \rho_{LP})}{\rho_{HP}} R_E^2 + \frac{\rho_{LP}}{\rho_{HP}} R_L^2} \quad (3)$$

25 Conociendo las densidades de las fases líquidas  $\rho_{LP}$ ,  $\rho_{HP}$ , puede calcularse el radio de disco de gravedad correcto  $R_G$ .

Un aspecto dinámico de las fases líquida pesada y ligera puede tenerse en cuenta adicionalmente para calcular un radio de disco de gravedad óptimo  $R_G$ . Por consiguiente, las caídas de presión dependientes de flujo en la fase líquida ligera y la fase líquida pesada también afectan a la selección de radio de disco de gravedad  $R_G$ . (En los ejemplos a  
30 continuación, también se tendrá en cuenta estas caídas de presión).

No todos los procesos de separación pueden realizarse bajo condiciones estables, por ejemplo no todas las mezclas de alimentación líquida tienen una composición que es constante con el tiempo, o que tiene la misma temperatura con el tiempo. Por consiguiente, uno o más parámetros que afectan los procesos de separación pueden cambiar durante  
35 la separación de mezclas de alimentación líquida de ciertas clases, por ejemplo durante la separación de aceite y agua en una mezcla de alimentación líquida que tiene un contenido de agua que varía con el tiempo y/o una mezcla de alimentación líquida que tiene una temperatura que varía con el tiempo. Por lo tanto, existe una necesidad de modificar el radio del disco de gravedad  $R_G$  para mantener la posición de línea E deseada, si cambiaran uno o más parámetros de la mezcla de alimentación líquida a un cierto punto en el separador centrífugo 2 de la **Figura 1a**. Por consiguiente,  
40 el separador centrífugo 2 tiene que detenerse y desmontarse para cargar el disco de gravedad 18.

En separadores centrífugos de otras clases, la posición de línea E puede controlarse sin detener el separador centrífugo para cambiar un disco de gravedad. La **Figura 3a** ilustra una sección transversal a través de una porción de un separador centrífugo 2 de acuerdo con las realizaciones. En lugar de proporcionarse con un anillo de nivel, el  
45 separador centrífugo 2 comprende una primera válvula controlable 28, por medio de la cual es controlable la contrapresión en un lado de salida del primer pasaje de salida 12. Por lo tanto, un sistema de control 25 del separador centrífugo 2 puede controlar la primera válvula controlable 28 para controlar la contrapresión en el lado de salida de fase líquida ligera para mantener la línea E 21 en un radio óptimo  $R_E$  en el espacio de separación 5. La **Figura 3b** ilustra una sección transversal a través de una porción de un separador centrífugo 2 de acuerdo con las realizaciones.  
50 En lugar de proporcionarse con un disco de gravedad para controlar la posición de línea E en el separador centrífugo 2, el separador centrífugo 2 comprende una segunda válvula controlable 30, por medio de la cual es controlable la contrapresión en un lado de salida del segundo pasaje de salida 14. Por lo tanto, un sistema de control 25 del separador centrífugo 2 puede controlar la segunda válvula controlable 30 y la contrapresión en el lado de salida de la fase líquida pesada para mantener la línea E en un radio óptimo  $R_E$  en el espacio de separación 5.  
55

Por consiguiente, en los separadores centrífugos 2 de las **Figuras 3a y 3b** un lado de entrada del primer pasaje de salida 12 está dispuesto en un primer radio  $R_{LP}$ ,  $R_L$  y un lado de entrada del segundo pasaje de salida 14 está dispuesto en un segundo radio  $R_{HP}$ ,  $R_G$ . El separador centrífugo 2 de la **Figura 3a** comprende adicionalmente una primera válvula controlable 28 para controlar una presión en un lado de las salidas del primer pasaje de salida 12 y el separador  
60 centrífugo 2 de la **Figura 3b** comprende una segunda válvula controlable 30 para controlar una presión en un lado de salida del segundo pasaje de salida 14. El sistema de control 25 puede estar configurado para realizar un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo 2 de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realización

desvelada en el presente documento. En realizaciones alternativas un separador centrífugo puede comprender ambas de la primera y segunda válvulas controlables 28, 30 y ni un anillo de nivel 16 ni un disco de gravedad 18.

5 El sistema de control 25 puede comprender un microprocesador 26 configurado para ejecutar código legible por ordenador de un programa informático. El programa informático puede estar configurado para realizar un método supervisión de y/o control de la posición de línea E en un separador centrífugo. Por lo tanto, el microprocesador 26 también puede controlar la presión en el lado de salida del primer y/o segundo pasaje de salida 12, 14 controlando la primera y/o segunda válvulas controlables 28, 30. Opcionalmente, el sistema de control 25 puede controlar la adición de agua en el rotor, véase a continuación. El sistema de control 25 puede comprender adicionalmente, por ejemplo, 10 uno o más de caudalímetros de masa de tipo coriolis 31, 31', 31", sensores de presión 33, 33', 33", y sensores de temperatura 35, 35', 35", que se comunican con el microprocesador 26 para monitorizar/medir/detectar una o más de densidad, flujo de masa, flujo de volumen, presión de fluido, y temperatura de la mezcla de alimentación líquida, y/o la fase líquida ligera, y/o la fase líquida pesada.

15 Una teoría física para determinar una posición de línea E, es decir un radio  $R_E$  de una línea E 21 en un separador centrífugo 2 de acuerdo con la **Figura 3b**, se analizará a continuación en más detalle. Basándose en la ecuación de equilibrio (2) analizada anteriormente, y teniendo en cuenta las caídas de presión dependientes del flujo en la fase líquida ligera y la fase líquida pesada, una ecuación de equilibrio (4) en el separador centrífugo 2 de acuerdo con las realizaciones de la **Figura 3b** se lee:

20

$$P_E = \rho_{HP} \cdot \frac{1}{2} \omega^2 (R_E^2 - R_{HP}^2) + \Delta P_{HP} + (P_{HP} - \Delta P_{BombaHP}) = \\ = \rho_{LP} \cdot \frac{1}{2} \omega^2 (R_E^2 - R_L^2) + \Delta P_{LP} + \Delta P_{LR} + P_{gasLP} \quad (4)$$

25 donde  $R_{HP}$  = radio del lado de entrada del segundo pasaje de salida 14;  $\Delta P_{HP}$  = suma de caídas de presión dependientes del flujo entre la línea E 21 y el lado de entrada del segundo pasaje de salida 14;  $P_{HP}$  = contrapresión de la segunda válvula 30;  $\Delta P_{BombaHP}$  = aumento de presión creada por el disco de recorte que forma el segundo pasaje de salida 14;  $\Delta P_{LP}$  = suma de todas las caídas de presión dependientes del flujo entre la línea E y el anillo de nivel 16;  $\Delta P_{LR}$  = caída de presión en el anillo de nivel 16.

30 Por ejemplo, el radio  $R_E$  de la línea E 21 puede calcularse usando la ecuación (4). Como alternativa, la contrapresión  $P_{HP}$  de la segunda válvula 30 requerida para establecer la línea E en un radio específico  $R_E$  puede calcularse usando la ecuación (4). Por consiguiente, la posición de línea E no tiene que medirse físicamente en el rotor del separador centrífugo, sino que puede calcularse en su lugar. Cuando todas las caídas de presión  $\Delta P_{HP}$   $\Delta P_{LP}$   $\Delta P_{LR}$  se describen por funciones matemáticas conocidas que tienen parámetros de entrada tales como caudal, viscosidad de fluido, 35 densidades, velocidad de rotor, etc., de fase líquida ligera y pesada, y  $\Delta P_{BombaHP}$  (proporcionado por una curva de bomba para el disco de recorte que forma el segundo pasaje de salida 14), la contrapresión  $P_{HP}$  requerida para proporcionarse por la segunda válvula 30 para situar la línea E en el radio  $R_E$  se proporciona por:

40

$$P_{HP} = \Delta P_{BombaHP} - \Delta P_{HP} + \Delta P_{LP} + \Delta P_{LR} + P_{gasLP} \\ + \frac{1}{2} \omega^2 (\rho_{HP} R_{HP}^2 - \rho_{LP} R_L^2 - (\rho_{HP} - \rho_{LP}) R_E^2) \quad (5)$$

45 Si uno o más parámetros de separación varían, como se ha analizado anteriormente, el control de la posición de línea E se hace de manera adecuada por el sistema de control 25 utilizando un algoritmo de control, tal como un algoritmo de control de PID o PI. Una posición de línea E deseada/óptima forma un punto de ajuste de posición de línea E,  $R_{E\_sp}$ , del algoritmo de control. Una posición de línea E real forma un valor de proceso,  $R_{E\_pv}$ , del algoritmo de control. El algoritmo de control proporciona valores para una variable manipulada, que en estas realizaciones es una variable de control usada para establecer la contrapresión  $P_{HP}$  por la segunda válvula 30, es decir la contrapresión en la salida de la fase líquida pesada. Por lo tanto, el sistema de control 25 puede establecer de manera continua la contrapresión 50  $P_{HP}$ . Un algoritmo de control de PID se proporciona por la ecuación (6):

$$u(t) = K_p \cdot \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_D \frac{d}{dt} e(t) \right) \quad (6)$$

55 donde:  $u(t)$  = señal de salida proporcionada para controlar un proceso, en estas realizaciones la señal para controlar la contrapresión  $P_{HP}$ ;  $e(t)$  = error, es decir diferencia entre el punto de ajuste y el valor de proceso, en estas realizaciones  $R_{E\_sp} - R_{E\_pv}$ ;  $K_p$  = ganancia proporcional;  $T_i$  = tiempo de integración;  $T_D$  = tiempo de derivación.

El ruido puede estar presente en señales de medición. Para evitar que el ruido perturbe la señal de salida, puede eliminarse el valor de derivada. Por lo tanto, un algoritmo de control PI puede proporcionarse por  $T_D = 0$ .

60

Como se ha analizado anteriormente, la ecuación (4) puede utilizarse para calcular la posición de línea E. De acuerdo con la presente invención la posición de línea E calculada,  $R_{E\_pv}$ , (posición de línea E real) se usa como un valor de proceso que forma una entrada al algoritmo de control PI. La ecuación de equilibrio para la línea E 21 proporciona:

$$R_{E_{pv}} = \sqrt{\frac{1}{\rho_{HP} - \rho_{LP}} \left( \rho_{HP} R_{HP}^2 - \rho_{LP} R_L^2 + \frac{2}{\omega^2} (\Delta P_{LP} + \Delta P_{LR} + P_{gasLP} - \Delta P_{HP} - (P_{HP} - \Delta P_{BombaHP})) \right)} \quad (7)$$

Por consiguiente, el algoritmo de control PI resultante para controlar la segunda válvula 30 dado por las ecuaciones (6) y (7), con  $T_D = 0$  es:

10

$$u(t) = K_p \cdot \left( e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau \right) \quad (8)$$

donde  $e(t) = R_{E\_sp} - R_{E\_pv}(t)$ , y donde  $u(t)$  es la señal de control proporcionada por el sistema de control 25 a la segunda válvula controlable 30 para controlar la contrapresión en la salida de la fase líquida pesada para mantener la posición de línea E en el punto de ajuste de línea E,  $R_{E\_sp}$ .

15

De acuerdo con realizaciones alternativas, el algoritmo PI puede utilizar presión en lugar de una posición radial de la línea E para controlar la posición de línea E. En tales realizaciones la ecuación (9) a continuación, basándose en la Ecuación (5) anterior, proporciona la presión de punto de ajuste,  $P_{HP\_sp}$ , en el pasaje de salida 14 de la fase líquida pesada, presión de punto de ajuste que se requiere para mantener la línea E 21 en la posición óptima ya que los parámetros del proceso de separación varían con el tiempo. Puesto que los parámetros del proceso de separación, tal como temperatura, densidad, etc., varían en el tiempo, la presión necesaria para controlar la línea E al punto de ajuste también varía en el tiempo.

20

25

$$P_{HP\_SP} = \Delta P_{BombaHP} - \Delta P_{HP} + \Delta P_{LP} + \Delta P_{LR} + P_{gasLP} + \frac{1}{2} \omega^2 (\rho_{HP} R_{HP}^2 - \rho_{LP} R_L^2 - (\rho_{HP} - \rho_{LP}) R_{E\_SP}^2) \quad (9)$$

30 El algoritmo PI resultante para controlar la segunda válvula 30 dado por las ecuaciones (6) y (9), con  $T_D = 0$  es:

$$u(t) = K_p \cdot \left( e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau \right) \quad (10)$$

donde  $e(t) = P_{HP\_sp}(t) - P_{HP\_pv}(t)$ , y donde  $u(t)$  es la señal de control proporcionada por el sistema de control 25 a la segunda válvula controlable 30 para controlar la contrapresión en la salida de fase líquida pesada para mantener la línea E 21 en la posición deseada.  $P_{HP\_pv}$  es la presión real según se detecta por el sensor de presión 33" en la salida de fase líquida pesada.

35

El razonamiento anterior puede modificarse para que se aplique también a un separador centrífugo 2 de acuerdo con las realizaciones de la **Figura 3a**, que comprende una primera válvula controlable 28 en el lado de la salida de fase líquida ligera y un disco de gravedad 18 pero no anillo de nivel. Esto conducirá a la ecuación (11):

40

$$R_{E_{pv}} = \sqrt{\frac{1}{\rho_{HP} - \rho_{LP}} \left( \rho_{HP} R_{HP}^2 - \rho_{LP} R_L^2 + \frac{2}{\omega^2} (\Delta P_{LP} + (P_{LP} - \Delta P_{PumpLP}) - \Delta P_G - (P_{gasHP} - \Delta P_{HP})) \right)} \quad (11)$$

45

donde  $P_{LP}$  = contrapresión de la primera válvula 28;  $\Delta P_G$  = caída de presión en disco de gravedad 18.

Usando este  $R_{E\_pv}$  en la ecuación (8),  $u(t)$  proporcionará una señal de control, por medio de la cual el sistema de control 25 controla la primera válvula controlable 28 para controlar la salida de contrapresión en la fase líquida ligera para mantener la posición de línea E en el punto de ajuste de línea E,  $R_{E\_sp}$ .

50

Como en las realizaciones de la **Figura 3b**, también en las realizaciones de la **Figura 3a** el algoritmo PI puede utilizar como alternativa presión para controlar la primera válvula 28 para mantener la línea E en la posición deseada. Por lo

tanto, una ecuación relacionada con el punto de ajuste de presión en el lado de salida de la fase líquida ligera, que corresponde a la ecuación (9), puede utilizarse en el algoritmo de control PI de acuerdo con la ecuación (10).

Adicionalmente, también en las realizaciones alternativas de un separador centrífugo que comprende ambas primera y segunda válvulas controlables 28, 30 y ni un anillo de nivel 16 ni un disco de gravedad 18, puede aplicarse el razonamiento anterior, que conduce a la ecuación (12).

$$R_{E_{pv}} = \sqrt{\frac{1}{\rho_{HP} - \rho_{LP}} \left( \rho_{HP} R_{HP}^2 - \rho_{LP} R_{LP}^2 + \frac{2}{\omega^2} (\Delta P_{LP} + (P_{LP} - \Delta P_{PumpLP}) - \Delta P_{HP} - (P_{HP} - \Delta P_{BombaHP})) \right)} \quad (12)$$

Usando el  $R_{E_{pv}}$  calculado de acuerdo con la ecuación (12) en la ecuación (8),  $u(t)$  proporcionará una señal de control, por medio de la cual el sistema de control 25 controla la primera válvula controlable 28 para controlar la contrapresión en la salida de la fase líquida ligera, o la segunda válvula controlable 30 para controlar la contrapresión en la salida de fase líquida pesada, para mantener la posición de línea E en el punto de ajuste de línea E,  $R_{E_{sp}}$ . Puede idearse una estrategia de control para determinar cuándo se controla la contrapresión en la salida de la fase líquida ligera mediante la primera válvula 28, y cuándo se controla la contrapresión en la salida de la fase líquida pesada mediante la segunda válvula controlable 30. De acuerdo con un ejemplo, la estrategia de control puede implicar el control de la contrapresión únicamente en la salida de la fase líquida pesada mediante la segunda válvula controlable 30 si la diferencia entre la válvula de proceso y el punto de ajuste supera un valor umbral, y controlar la contrapresión únicamente en la salida de la fase líquida ligera mediante la primera válvula controlable 28 si la diferencia entre el valor de proceso y el punto de ajuste no supera el valor umbral.

Como en las realizaciones anteriormente analizadas de las **Figuras 3b y 3a**, también en las realizaciones con ambas de la primera y segunda válvulas 28, 30, el algoritmo PI puede utilizar como alternativa presión para controlar la primera válvula 28 y la segunda válvula 30. Por lo tanto, una ecuación relacionada con el punto de ajuste de presión, que tiene en cuenta los parámetros pertinentes de ambas de la fase líquida ligera y pesada, que corresponde a la ecuación (9), puede utilizarse en el algoritmo de control PI de acuerdo con la ecuación (10).

Dependiendo del proceso de separación pertinente, existen diversas posibles variables diferentes. Por ejemplo la temperatura de la mezcla de alimentación líquida puede variar. Por lo tanto, la densidad de la fase líquida ligera y/o pesada puede variar. Las densidades  $\rho_{HP}$ ,  $\rho_{LP}$  pueden calcularse como una función de temperatura de mezcla de alimentación líquida, o como funciones de las temperaturas individuales de la fase líquida ligera y la fase líquida pesada. Como alternativa, las densidades  $\rho_{HP}$ ,  $\rho_{LP}$  pueden medirse usando un caudalímetro de masa de tipo coriolis u otro instrumento adecuado. Las cantidades de fase líquida ligera y/o pesada pueden variar en la mezcla de alimentación líquida. El caudal de la mezcla de alimentación líquida puede variar.  $R_{HP}$  y  $R_{LP}$  son parámetros de diseño conocidos del separador centrífugo pertinente. Las contrapresiones  $P_{HP}$ ,  $P_{LP}$  se miden. Las presiones de gas en el lado de fase líquida ligera y pesada  $P_{gasLP}$ ,  $P_{gasHP}$  pueden medirse, o pueden establecerse como valores constantes. Las diferentes presiones  $\Delta P_{lp}$ ,  $\Delta P_{lr}$ ,  $\Delta P_{hp}$ ,  $\Delta P_G$ ,  $\Delta P_{BombaLP}$ , y  $\Delta P_{BombaHP}$  son relaciones funcionales conocidas para el experto en la materia y pueden calcularse a partir de variables conocidas tales como velocidad de rotor, caudales, densidades, viscosidades y parámetros de diseño. Los parámetros de diseño se refieren al tipo pertinente de separador centrífugo y son conocidos para el experto en la materia.  $\Delta P_{lp}$  es una función de  $\rho_{LP}$ ,  $\omega$ , caudal de fase líquida ligera, viscosidad de fase líquida ligera y dimensiones de diseño del separador centrífugo pertinente. La caída de presión en la pila de discos de separación de la posición de la línea E y hacia dentro a la salida de la fase líquida ligera está incluida en esta caída de presión,  $\Delta P_{lp}$ .  $\Delta P_{hp}$  es una función de  $\rho_{HP}$ ,  $\omega$ , caudal de fase líquida pesada, viscosidad de fase líquida pesada y dimensiones de diseño. La caída de presión en la pila de discos de separación de la posición de línea E y hacia fuera está incluida en esta caída de presión,  $\Delta P_{hp}$ .  $\Delta P_{BombaHP}$  es una función de  $\rho_{HP}$ ,  $\omega$ , caudal de fase líquida pesada y dimensiones de diseño.  $\Delta P_{BombaLP}$  es una función de  $\rho_{LP}$ ,  $\omega$ , caudal de fase líquida ligera y dimensiones de diseño.  $\Delta P_{BombaHP}$  y  $\Delta P_{BombaLP}$  pueden proporcionarse, por ejemplo, por curvas de bomba pertinentes para los discos de recorte.

La presente invención está basada acerca de la idea para calcular la posición de línea E usando ecuaciones de equilibrio de presión, datos medibles, y medidos o unas propiedades de fluido conocidas a priori para calcular una posición de línea E radial o un punto de ajuste de presión. Esta posición de línea E radial calculada, o punto de ajuste de presión, se usa en un algoritmo de control usado para ajustar la posición de línea E real a una posición de línea E deseada ajustando una contrapresión en el lado de la salida de la fase líquida pesada, o en el lado de salida líquida ligera, o en ambos lados de salida líquida pesada y ligera, como se ha analizado anteriormente. Esto proporciona una compensación rápida y precisa para el cambio en parámetros de proceso que permite que se mantenga la posición de línea E en una posición óptima/deseada en todo momento.

En las realizaciones analizadas anteriormente con referencia a la **Figura 3b**, la contrapresión en el lado de salida de la fase líquida pesada se controla mediante la segunda válvula controlable 30 para mantener una posición de línea E deseada/óptima. En las realizaciones analizadas anteriormente con referencia a la **Figura 3a**, la contrapresión en el lado de salida de la fase líquida ligera se controla mediante la primera válvula controlable 28 para mantener una posición de línea E deseada/óptima. En las realizaciones adicionales analizadas anteriormente el sistema de control

25 está configurado para controlar ambas de la primera y segunda válvulas 28, 30. Además, hay separadores centrífugos con entradas y salidas selladas hermética y mecánicamente, a menudo denominadas como entrada y salida hermética, respectivamente. Pueden establecerse ecuaciones de equilibrio similares para tales separadores centrífugos proporcionando, por lo tanto, una herramienta de simulación para cálculo de la posición de línea E o presión en tales separadores centrífugos. Por lo tanto, la posición o presión de línea E calculada se usa a continuación en un algoritmo de control para controlar la posición de línea E de la misma manera que en las realizaciones previamente analizadas.

La **Figura 4** ilustra un método 100 de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo. El separador centrífugo está configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida, y puede ser un separador centrífugo de acuerdo con cualquiera de las realizaciones analizadas en relación con las **Figuras 3a y 3b**. Una de las ecuaciones de equilibrio (7), (11), (12) puede utilizarse para cálculo continuo del radio real  $R_{E\_pv}$  de la posición de línea E durante la supervisión de la posición de línea E. Como alternativa, la ecuación anteriormente analizada (9) y las correspondientes ecuaciones para calcular de manera continua la presión en el lado de salida líquida ligera y/o pesada puede utilizarse durante la supervisión de la posición de línea E. Por consiguiente, el separador centrífugo 2 comprende un rotor 4, una pila de discos de separación cónicos 8 dispuesta dentro del rotor 4, una entrada 10 para la mezcla de alimentación líquida en el rotor, un primer pasaje de salida 12 para la fase líquida ligera desde el rotor, un segundo pasaje de salida 14 para la fase líquida pesada desde el rotor. Un lado de entrada del primer pasaje de salida 12 está dispuesto en un primer radio  $R_{LP}$ ,  $R_L$  y un lado de entrada del segundo pasaje de salida 14 está dispuesto en un segundo radio  $R_{HP}$ ,  $R_G$ .

El método 100 de supervisión de una posición de línea E comprende etapas de:

- girar 102 el rotor 4 a una velocidad angular  $\omega$ ,
- alimentar 104 la mezcla de alimentación líquida en el rotor 4,
- monitorizar 106 una densidad  $\rho_{LP}$  de la fase líquida ligera,
- monitorizar 108 una densidad  $\rho_{HP}$  de la fase líquida pesada,
- monitorizar 110 una presión  $P_{LP}$ ,  $P_{HP}$  en un lado de salida del primer pasaje de salida 12 y/o en un lado de salida del segundo pasaje de salida 14,
- monitorizar 112 un primer parámetro relacionado con una primera caída de presión  $AP_{lp}$  entre la posición de línea E y el lado de salida del primer pasaje de salida 12,
- monitorizar 114 un segundo parámetro relacionado con una segunda caída de presión  $AP_{hp}$  entre la posición de línea E y el lado de salida del segundo pasaje de salida 14, y
- calcular de manera continua 116 un parámetro relacionado con la posición de línea E,  $R_{E\_pv}$ ,  $P_{HP\_sp}$ , o correspondiente basándose en: el primer radio  $R_{LP}$ ,  $R_L$ , el segundo radio  $R_{HP}$ ,  $R_G$ , la velocidad angular  $\omega$ , la densidad monitorizada  $\rho_{LP}$  de la fase líquida ligera, la densidad monitorizada  $\rho_{HP}$  de la fase líquida pesada, la presión monitorizada  $P_{LP}$ ,  $P_{HP}$  en el lado de salida del primer pasaje de salida 12 y/o en el lado de salida del segundo pasaje de salida 14, el primer parámetro monitorizado relacionado con una primera caída de presión entre la posición de línea E y el lado de salida del primer pasaje de salida, y el segundo parámetro monitorizado relacionado con una segunda caída de presión entre la posición de línea E y el lado de salida del segundo pasaje de salida.

Mencionado puramente como un ejemplo, la etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E puede conllevar que el parámetro relacionado con la posición de línea E se calcule al menos 6 veces por minuto, frecuencia de cálculo que puede proporcionar una precisión suficiente para controlar la posición de línea E. Sin embargo, una frecuencia de cálculo superior puede proporcionar una supervisión más precisa de la posición de línea E. Por consiguiente, la etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E puede conllevar que el parámetro relacionado con la posición de línea E se calcule hasta varias veces por segundo.

En realizaciones donde el separador centrífugo 2 comprende un anillo de nivel 16 (Figura 3b), puede utilizarse la ecuación (7) anteriormente analizada para la etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E. En realizaciones donde el separador centrífugo comprende un disco de gravedad 18 (Figura 3a), puede utilizarse la ecuación (11) para la etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E. De manera similar, en las realizaciones que carecen tanto de un anillo de nivel como de un disco de gravedad, puede utilizarse la ecuación (12) para la etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E. Como se ha analizado anteriormente para todas las ecuaciones de realizaciones relacionadas con la presión de punto de ajuste requerida para mantener la línea E en la posición deseada/óptima, pueden utilizarse como alternativa para la etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E.

La etapa de monitorización 106 de la densidad  $\rho_{LP}$  de la fase líquida ligera puede comprender monitorizar 118 una temperatura de la fase líquida ligera o de la mezcla de alimentación líquida, y la etapa de monitorización 108 de la densidad  $\rho_{HP}$  de la fase líquida pesada puede comprender monitorizar 120 una temperatura de la fase líquida pesada o de la mezcla de alimentación líquida. La etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E puede comprender: calcular 122 la densidad de la fase líquida ligera basándose en la

temperatura monitorizada de la fase líquida ligera o de la mezcla de alimentación líquida, y calcular 124 la densidad de la fase líquida pesada basándose en la temperatura monitorizada de la fase líquida pesada o de la mezcla de alimentación líquida. Para cambios de temperatura razonablemente pequeños puede calcularse la densidad usando la ecuación (13):

$$\rho = \frac{\rho_{T_0}}{(1 + \alpha \times \Delta T)} \quad (13)$$

donde  $\rho_{T_0}$  es la densidad en una temperatura de referencia,  $\alpha$  es el coeficiente de expansión térmica a temperaturas cerca de  $T_0$ . Pueden usarse métodos conocidos alternativos de cálculo de la densidad de la fase líquida ligera y/o pesada como una función de temperatura, tal como, por ejemplo, para calcular la densidad de agua como se define por Kell, Journal of Chemical Engineering Data, Vol. 20, 1975. El cálculo 122, 124 de las densidades de las fases líquidas ligera y/o pesada puede incluir seleccionar valores de densidad de tablas de búsqueda, que listan las densidades de las fases líquidas ligera y/o pesada a diversas temperaturas pertinentes. Como alternativa, o adicionalmente, el cálculo 122, 124 de las densidades de las fases líquidas ligera y/o pesada puede incluir interpolar entre valores de densidad calculados, o entre valores de densidad de las tablas, que listan las densidades de las fases líquidas ligera y/o pesada a diversas temperaturas.

De acuerdo con las realizaciones el primer parámetro relacionado con la primera caída de presión puede comprender un caudal de la fase líquida ligera  $Q_{LP}$ . La etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E puede comprender el cálculo 126 de la primera caída de presión basándose en el caudal  $Q_{LP}$  de la fase líquida ligera, la densidad  $\rho_{LP}$  de la fase líquida ligera, la velocidad rotacional  $\omega$ , y uno o más parámetros específicos de separador centrífugo. Por lo tanto, la etapa de monitorización 112 de un primer parámetro relacionado con una primera caída de presión puede comprender monitorizar el caudal  $Q_{LP}$  de la fase líquida ligera. La densidad  $\rho_{LP}$  se proporciona por la etapa 106. El uno o más parámetros específicos centrífugos dependen del separador centrífugo pertinente, y son conocidos para el experto en la materia. La primera caída de presión corresponde a  $\Delta P_{LP}$  de la ecuación (7).

De acuerdo con las realizaciones el segundo parámetro relacionado con la segunda caída de presión puede comprender un caudal de la fase líquida pesada  $Q_{HP}$ . La etapa de cálculo de manera continua 116 de un parámetro relacionado con la posición de línea E puede comprender calcular 128 la segunda caída de presión basándose en el caudal  $Q_{HP}$  de la fase líquida pesada, la densidad  $\rho_{HP}$  de la fase líquida pesada, la velocidad rotacional  $\omega$ , y uno o más parámetros específicos de separador centrífugo. Por lo tanto, la etapa de monitorización 114 de un segundo parámetro relacionado con una segunda caída de presión puede comprender monitorizar el caudal  $Q_{HP}$  de la fase líquida pesada. La densidad  $\rho_{HP}$  se proporciona por la etapa 108. El uno o más parámetros específicos centrífugos dependen del separador centrífugo pertinente, y son conocidos para el experto en la materia. La segunda caída de presión corresponde a  $\Delta P_{HP}$  de la ecuación (7).

Un programa informático puede estar configurado para realizar un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo como se ha analizado anteriormente.

La **Figura 6** ilustra un producto de programa informático de acuerdo con las realizaciones que comprende un disco CD-ROM 300. El producto de programa informático comprende código legible por ordenador configurado para provocar que un sistema de control asociado a un separador centrífugo realice un método de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo como se ha analizado anteriormente. Un producto de programa informático de este tipo puede ser, por ejemplo, un disco CD-ROM, un dispositivo de memoria USB, una unidad de disco duro, un chip de ROM o de EPROM.

La **Figura 5** ilustra un método 200 de control de una posición de línea E en un separador centrífugo configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida. El separador centrífugo puede ser un separador centrífugo 2 de acuerdo con cualquiera de las realizaciones analizadas en relación con las Figuras 3a y 3b. Una de las ecuaciones de equilibrio (7), (11), (12) puede utilizarse para cálculo continuo del radio real  $R_{E\_DV}$  de la posición de línea E durante la supervisión de la posición de línea E. Como alternativa, la ecuación anteriormente analizada (9) o las correspondientes ecuaciones para calcular de manera continua la presión en el lado de salida líquida ligera y/o pesada puede utilizarse durante la supervisión de la posición de línea E. El separador centrífugo 2 comprende un rotor 4 que puede girarse alrededor de un eje de rotación 6, una pila de discos de separación cónicos 8 dispuestos dentro del rotor 4, una entrada 10 para la mezcla de alimentación líquida en el rotor 4, un primer pasaje de salida 12 para la fase líquida ligera desde el rotor 4, un segundo pasaje de salida 14 para la fase líquida pesada desde el rotor 4, en donde un lado de entrada del primer pasaje de salida 12 está dispuesto en un primer radio  $R_{LP}$ ,  $R_L$  y un lado de entrada del segundo pasaje de salida 14 está dispuesto en un segundo radio  $R_{HP}$ ,  $R_G$ , en donde el separador centrífugo 2 comprende adicionalmente una primera válvula controlable 28 para controlar una presión  $P_{LP}$  en un lado de las salidas del primer pasaje de salida 12, y/o una segunda válvula controlable 30 para controlar una presión  $P_{HP}$  en un lado de salida del segundo pasaje de salida 14, incluyendo el método 200 de control de una posición de línea E un método 100 de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo de

acuerdo con un aspecto cualquiera y/o la realización anteriormente analizada, y que comprende adicionalmente las etapas de:

5 Aumentar 202 la presión  $P_{HP}$  en el lado de salida del segundo pasaje de salida 14 usando la segunda válvula 30, y/o reduciendo 204 una presión  $P_{LP}$  en el lado de salida del primer pasaje de salida 12 usando la primera válvula 28, si la posición de línea E real  $R_{e\_pv}$  se extiende radialmente fuera de un punto de ajuste de posición de línea E  $R_{E\_sp}$ . Por lo tanto, la posición de línea E se controla basándose en la posición de la línea E supervisada calculada de acuerdo con el método 100 de supervisión de una posición de línea E como se ha analizado anteriormente.

10 El método 200 de control de una posición de línea E puede comprender adicionalmente las etapas de: reducir 206 una presión  $P_{HP}$  en el lado de salida del segundo pasaje de salida 14 usando la segunda válvula 30, y/o aumentando 208 una presión  $P_{LP}$  en el lado de salida del primer pasaje de salida 12 usando la primera válvula 28, si la posición de línea E real  $R_{e\_pv}$  se extiende radialmente dentro de un punto de ajuste de posición de línea E  $R_{E\_sp}$ . Por lo tanto, la posición de línea E se controla basándose en la posición de la línea E supervisada calculada de acuerdo con el método 100 de supervisión de una posición de línea E como se ha analizado anteriormente.

15 La presión  $P_{HP}$  en el lado de salida del segundo pasaje de salida 14, y/o la presión  $P_{LP}$  en el lado de salida del primer pasaje de salida 12 pueden controlarse por una variable manipulada de un algoritmo de control PI para controlar la posición de línea E en el separador centrífugo. Por lo tanto, la presión en el lado de salida del segundo pasaje de salida, o la presión en el lado de salida del primer pasaje de salida, pueden controlarse basándose en la Ecuación (8) analizada anteriormente, o las correspondientes ecuaciones, para controlar de manera fiable la posición de línea E en un punto de ajuste deseado  $R_{E\_sp}$ .

20 De acuerdo con las realizaciones el rotor 4 comprende al menos una apertura de boquilla dispuesta periféricamente 27 para eyectar la materia sólida y/o lodo desde el rotor 4 durante la rotación del rotor 4, como se analiza en relación con la **Figura 1b**. El método 200 de control de una posición de línea E puede comprender adicionalmente una etapa de: añadir 210 la fase líquida pesada en el rotor 4 si el flujo de fase líquida pesada a través de la al menos una apertura de boquilla 27 supera el contenido de fase líquida pesada de la mezcla de alimentación líquida.

25 Por lo tanto, se añade la fase líquida pesada pura en el rotor 4 para evitar que la línea E se mueva demasiado lejos radialmente hacia fuera, que conllevaría que la fase líquida ligera fluyera fuera del rotor 4 mediante el segundo pasaje de salida 14, e incluso a través de la al menos una apertura de boquilla 27.

30 De acuerdo con algunas realizaciones, la mezcla de alimentación líquida puede comprender agua y aceite. En tales realizaciones se añade agua en el rotor 4 en la etapa de adición 210 de la fase líquida pesada en el rotor 4 si la mezcla de alimentación líquida debiera contener demasiada poca agua. Puede añadirse agua, por ejemplo, mediante el segundo pasaje de salida 14, o mediante una bomba 34 y una válvula 36 controlada por el sistema de control 25, como se ilustra en la **Figura 3b**. Tal adición de agua se analiza adicionalmente en el documento US 6616589. Si se añade agua en el rotor de esta manera, la temperatura del agua, es decir de la fase líquida pesada, para el fin de supervisión y/o control de la posición de línea E se determina por la temperatura del agua mezclada, es decir la mezcla de agua añadida y agua de la mezcla de alimentación líquida.

35 Una presión descendente de la salida de la fase líquida pesada puede indicar que el contenido de fase líquida pesada de la mezcla de alimentación líquida está reduciéndose, que requiere la adición 210 de la fase líquida pesada. A un valor de presión de fase líquida pesada umbral puede añadirse fase líquida pesada en el rotor. La fase líquida pesada puede añadirse a tasa creciente si la presión en la salida de la fase líquida pesada continúa reduciéndose desde el valor de presión de fase líquida pesada umbral. Si la presión en la salida de la fase líquida pesada aumenta de nuevo, la adición de fase líquida pesada puede reducirse y detenerse finalmente. Como alternativa, un nivel umbral de la posición de línea E puede indicar que el contenido de fase líquida pesada de la mezcla de alimentación líquida está reduciéndose, que requiere la adición 210 de la fase líquida pesada. El nivel umbral de la posición de línea E puede establecerse, por ejemplo, en el otro radio de la pila de discos de separación 8.

40 Un programa informático puede estar configurado para realizar el método 200 de control de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realizaciones desveladas en el presente documento.

45 La **Figura 6** ilustra un producto de programa informático de acuerdo con las realizaciones que comprende un disco CD-ROM 300. El producto de programa informático comprende código legible por ordenador configurado para provocar que un sistema de control asociado a un separador centrífugo realice un método de control de una posición de línea E en un separador centrífugo de acuerdo con un aspecto cualquiera y/o realización desvelada en el presente documento. El sistema de control puede ser un sistema de control 25 como se analiza en relación con las **Figuras 3a y 3b**.

50 A partir de la descripción anterior se deduce que, aunque se han descrito y mostrado diversas realizaciones de la invención, la invención no está restringida a las mismas, sino que puede realizarse también de otras maneras dentro del alcance de la materia objeto definida en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida, comprendiendo el separador centrífugo (2) un rotor (4), una pila de discos de separación cónicos (8) dispuestos dentro del rotor (4), una entrada (10) para la mezcla de alimentación líquida en el rotor (4), un primer pasaje de salida (12) para la fase líquida ligera desde el rotor (4), un segundo pasaje de salida (14) para la fase líquida pesada desde el rotor (4), en donde un lado de entrada del primer pasaje de salida (12) está dispuesto en un primer radio ( $R_{LP}$ ,  $R_L$ ) y un lado de entrada del segundo pasaje de salida (14) está dispuesto en un segundo radio ( $R_{HP}$ ,  $R_G$ ), comprendiendo el método (100) las etapas de:
- girar (102) el rotor (4) a una velocidad angular ( $\omega$ ),  
 alimentar (104) la mezcla de alimentación líquida en el rotor (4),  
 monitorizar (106) una densidad ( $\rho_{LP}$ ) de la fase líquida ligera,  
 monitorizar (108) una densidad ( $\rho_{HP}$ ) de la fase líquida pesada,  
 monitorizar (110) una presión ( $P_{LP}$ ,  $P_{HP}$ ) en un lado de salida del primer pasaje de salida (12) y/o en un lado de salida del segundo pasaje de salida (14),  
 monitorizar (112) un primer parámetro relacionado con una primera caída de presión ( $\Delta P_{LP}$ ) entre la posición de línea E y el lado de salida del primer pasaje de salida (12),  
 monitorizar (114) un segundo parámetro relacionado con una segunda caída de presión ( $\Delta P_{HP}$ ) entre la posición de línea E y el lado de salida del segundo pasaje de salida (14), y  
 calcular de manera continua (116) un parámetro relacionado con la posición de línea E basándose en:
- el primer radio ( $R_{LP}$ ,  $R_L$ ),  
 el segundo radio ( $R_{HP}$ ,  $R_G$ ),  
 la velocidad angular ( $\omega$ ),  
 la densidad monitorizada ( $\rho_{LP}$ ) de la fase líquida ligera,  
 la densidad monitorizada ( $\rho_{HP}$ ) de la fase líquida pesada,  
 la presión monitorizada ( $P_{LP}$ ,  $P_{HP}$ ) en el lado de salida del primer pasaje de salida (12) y/o en el lado de salida del segundo pasaje de salida (14),  
 el primer parámetro monitorizado relacionado con una primera caída de presión ( $\Delta P_{LP}$ ) entre la posición de línea E y el lado de salida del primer pasaje de salida, y  
 el segundo parámetro monitorizado relacionado con una segunda caída de presión ( $\Delta P_{HP}$ ) entre la posición de línea E y el lado de salida del segundo pasaje de salida.
2. El método (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa de monitorización (106) de una densidad ( $\rho_{LP}$ ) de la fase líquida ligera comprende monitorizar (118) una temperatura de la fase líquida ligera o de la mezcla de alimentación líquida, en donde la etapa de monitorización (108) de la densidad ( $\rho_{HP}$ ) de la fase líquida pesada comprende monitorizar (120) una temperatura de la fase líquida pesada o de la mezcla de alimentación líquida, y en donde la etapa de cálculo de manera continua (116) de un parámetro relacionado con la posición de línea E comprende:
- calcular (122) la densidad ( $\rho_{LP}$ ) de la fase líquida ligera basándose en la temperatura monitorizada de la fase líquida ligera o de la mezcla de alimentación líquida, y  
 calcular (124) la densidad ( $\rho_{HP}$ ) de la fase líquida pesada basándose en la temperatura monitorizada de la fase líquida pesada o de la mezcla de alimentación líquida.
3. El método (100) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde el primer parámetro relacionado con la primera caída de presión ( $\Delta P_{LP}$ ) comprende un caudal de la fase líquida ligera ( $Q_{LP}$ ), y en donde la etapa de cálculo de manera continua (116) de un parámetro relacionado con la posición de línea E comprende calcular (126) la primera caída de presión ( $\Delta P_{LP}$ ) basándose en el caudal ( $Q_{LP}$ ) de la fase líquida ligera, la densidad ( $\rho_{LP}$ ) de la fase líquida ligera, la velocidad rotacional ( $\omega$ ) y uno o más parámetros específicos de separador centrífugo.
4. El método (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo parámetro relacionado con la segunda caída de presión ( $\Delta P_{HP}$ ) comprende un caudal de la fase líquida pesada ( $Q_{HP}$ ), y en donde la etapa de cálculo de manera continua (116) de un parámetro relacionado con la posición de línea E comprende calcular (128) la segunda caída de presión ( $\Delta P_{HP}$ ) basándose en el caudal ( $Q_{HP}$ ) de la fase líquida pesada, la densidad ( $\rho_{LP}$ ) de la fase líquida pesada, la velocidad rotacional ( $\omega$ ) y uno o más parámetros específicos de separador centrífugo.
5. Un programa informático configurado para realizar un método (100) de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
6. Un producto de programa informático que comprende código legible por ordenador configurado para provocar que un sistema de control (25) asociado a un separador centrífugo (2) realice un método (100) de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4.

7. Un método (200) de control de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida, comprendiendo el separador centrífugo (2) un rotor (4) que puede girarse alrededor de un eje de rotación (6), una pila de discos de separación cónicos (8) dispuestos dentro del rotor (4), una entrada (10) para la mezcla de alimentación líquida en el rotor (4), un primer pasaje de salida (12) para la fase líquida ligera desde el rotor (4), un segundo pasaje de salida (14) para la fase líquida pesada desde el rotor (4), en donde un lado de entrada del primer pasaje de salida (12) está dispuesto en un primer radio ( $R_{LP}$ ,  $R_L$ ) y un lado de entrada del segundo pasaje de salida (14) está dispuesto en un segundo radio ( $R_{HP}$ ,  $R_G$ ), en donde el separador centrífugo (2) comprende adicionalmente una primera válvula controlable (28) para controlar una presión ( $P_{LP}$ ) en un lado de salidas del primer pasaje de salida (12), y/o una segunda válvula controlable (30) para controlar una presión ( $P_{HP}$ ) en un lado de salida del segundo pasaje de salida (14), incluyendo el método (200) de control de la posición de línea E un método (100) de supervisión de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, y que comprende adicionalmente las etapas de:
- 15 aumentar (202) la presión ( $P_{HP}$ ) en el lado de salida del segundo pasaje de salida (14) usando la segunda válvula (30), y/o reducir (204) la presión ( $P_{LP}$ ) en el lado de salida del primer pasaje de salida (12) usando la primera válvula (28), si la posición de línea E real ( $R_{E_{pv}}$ ) se extiende radialmente fuera de un punto de ajuste de posición de línea E ( $R_{E_{sp}}$ ).
8. El método (200) de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende las etapas de:
- 20 reducir (206) la presión ( $P_{HP}$ ) en el lado de salida del segundo pasaje de salida (14) usando la segunda válvula (30), y/o aumentando la presión ( $P_{LP}$ ) en el lado de salida del primer pasaje de salida (12) usando la primera válvula (28), si la posición de línea E real ( $R_{E_{pv}}$ ) se extiende radialmente dentro de un punto de ajuste de posición de línea E ( $R_{E_{sp}}$ ).
9. El método (200) de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en donde la presión ( $P_{HP}$ ) en el lado de salida del segundo pasaje de salida (14) o la presión ( $P_{LP}$ ) en el lado de salida del primer pasaje de salida (12) se controla por medio de una variable manipulada de un algoritmo de control PI para controlar la posición de línea E en el separador centrífugo (2).
10. El método (200) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 - 9, en donde el rotor (4) comprende al menos una apertura de boquilla dispuesta periféricamente (27) para eyectar de manera continua materia sólida y/o lodo desde el rotor (4) durante la rotación del rotor (4), comprendiendo adicionalmente el método (200) una etapa de:
- 30 añadir (210) fase líquida pesada en el rotor (4) si el flujo de fase líquida pesada a través de la al menos una apertura de boquilla (27) supera el contenido de fase líquida pesada de la mezcla de alimentación líquida.
11. Un programa informático configurado para realizar un método (200) de control de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 - 10.
12. Un producto de programa informático que comprende código legible por ordenador configurado para provocar que un sistema de control (25) asociado a un separador centrífugo (2) realice un método (200) de control de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 - 10.
13. Un separador centrífugo (2) configurado para separar una fase líquida pesada y una fase líquida ligera de una mezcla de alimentación líquida, comprendiendo el separador centrífugo (2) un rotor (4) que puede girarse alrededor de un eje de rotación (6), una pila de discos de separación cónicos (8) dispuestos dentro del rotor (4), una entrada (10) para la mezcla de alimentación líquida en el rotor (4), un primer pasaje de salida (12) para la fase líquida ligera desde el rotor (4), un segundo pasaje de salida (14) para la fase líquida pesada desde el rotor (4), en donde un lado de entrada del primer pasaje de salida (12) está dispuesto en un primer radio ( $R_{LP}$ ,  $R_L$ ) y un lado de entrada del segundo pasaje de salida (14) está dispuesto en un segundo radio ( $R_{HP}$ ,  $R_G$ ), en donde el separador centrífugo (2) comprende adicionalmente una primera válvula controlable (28) para controlar una presión ( $P_{LP}$ ) en un lado de salidas del primer pasaje de salida (12), y/o una segunda válvula controlable (30) para controlar una presión ( $P_{HP}$ ) en un lado de salida del segundo pasaje de salida (14), y un sistema de control (25) configurado para realizar un método (200) de control de una posición de línea E en un separador centrífugo (2) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 - 10.
14. El separador centrífugo (2) de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el separador centrífugo (2) está configurado adicionalmente para separar materia sólida y/o lodo de la mezcla líquida, en donde el rotor (4) comprende puertos de descarga para descarga intermitente del sólido separado y/o lodo de la mezcla líquida.
15. El separador centrífugo (2) de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el separador centrífugo (2) está configurado adicionalmente para separar materia sólida y/o lodo de la mezcla líquida, en donde el rotor (4) comprende al menos una apertura de boquilla dispuesta periféricamente para eyectar de manera continua la materia sólida y/o lodo desde el rotor (4) durante la rotación del rotor (4).

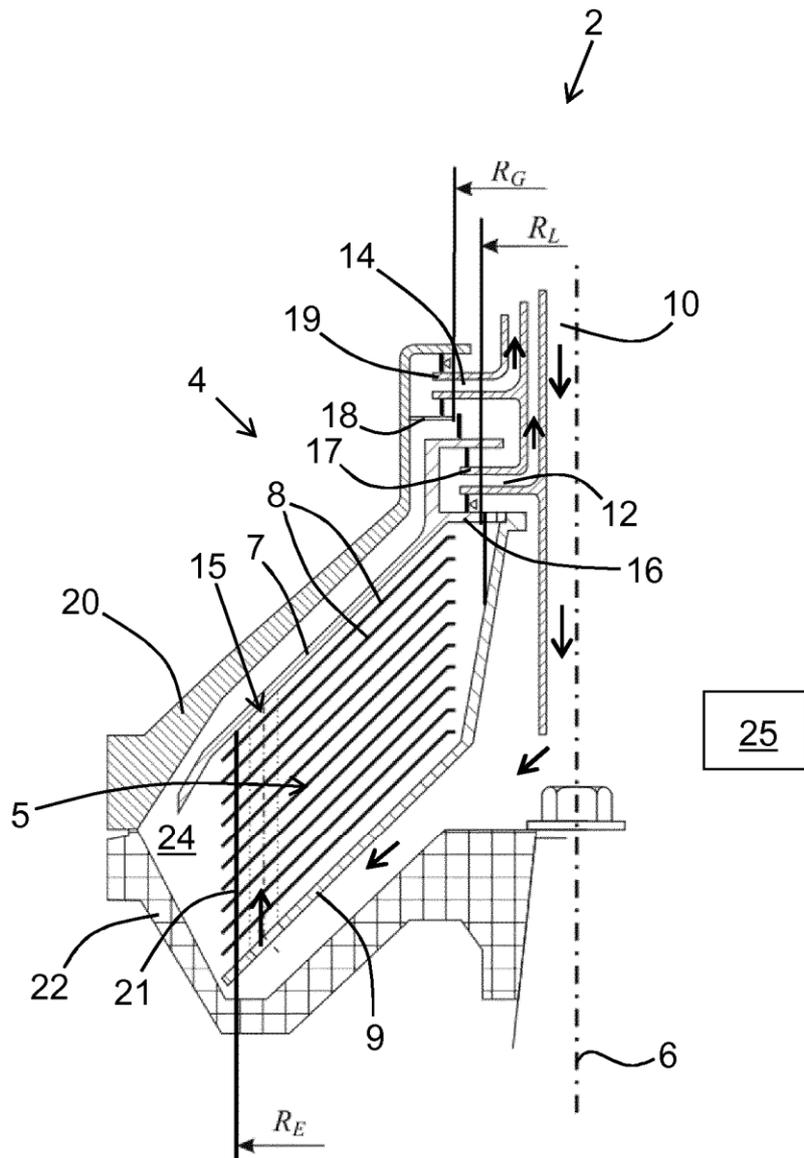


Fig. 1a

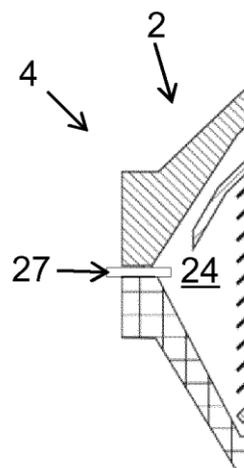


Fig. 1b

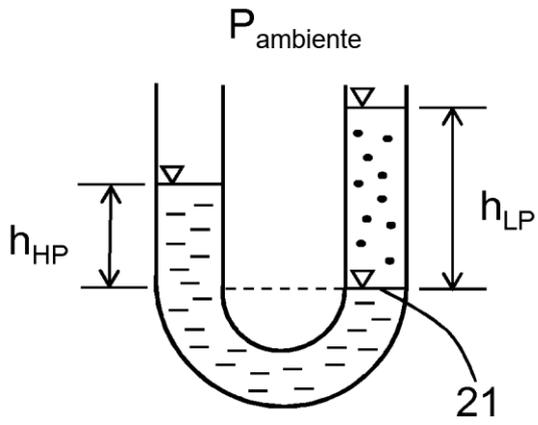


Fig. 2

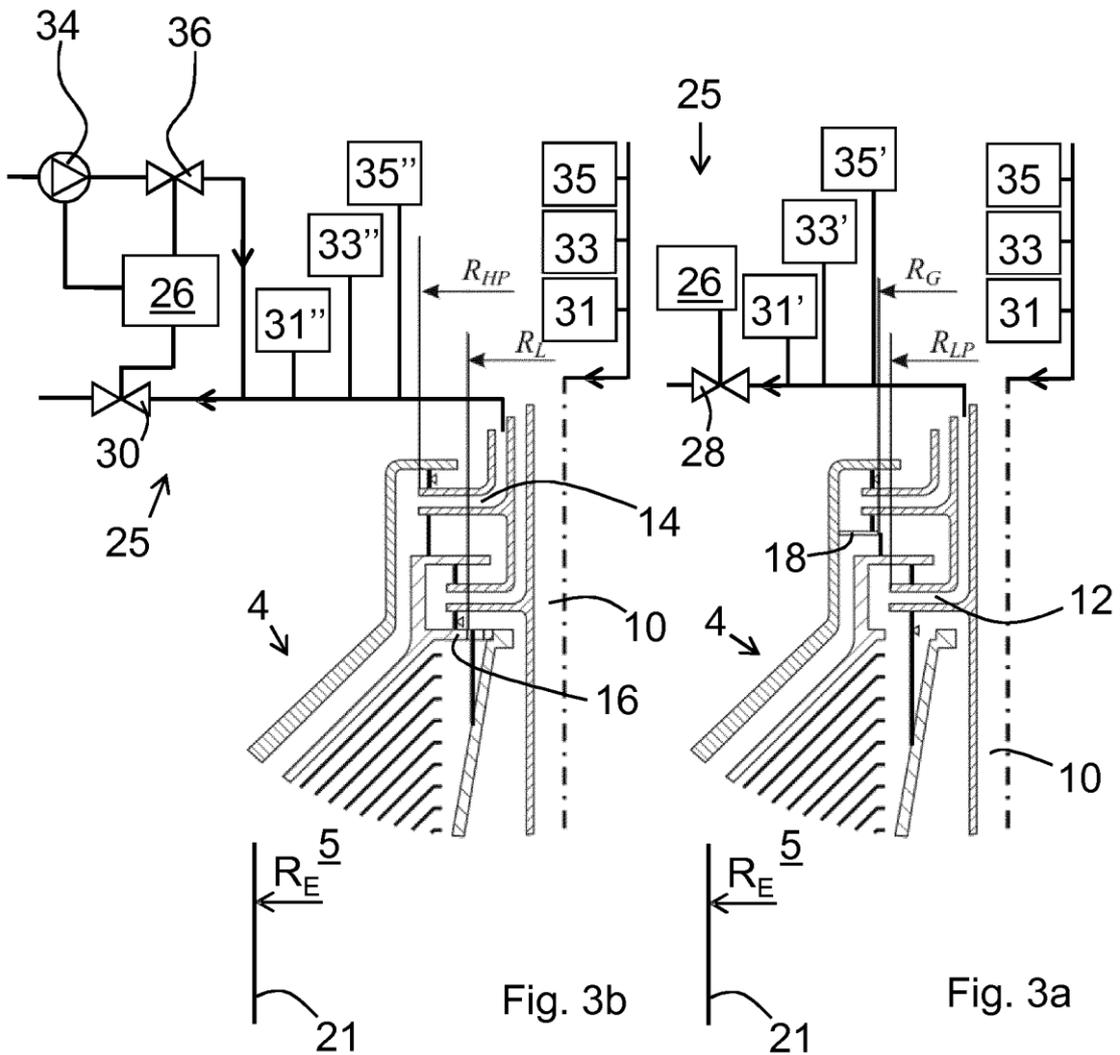


Fig. 3b

Fig. 3a

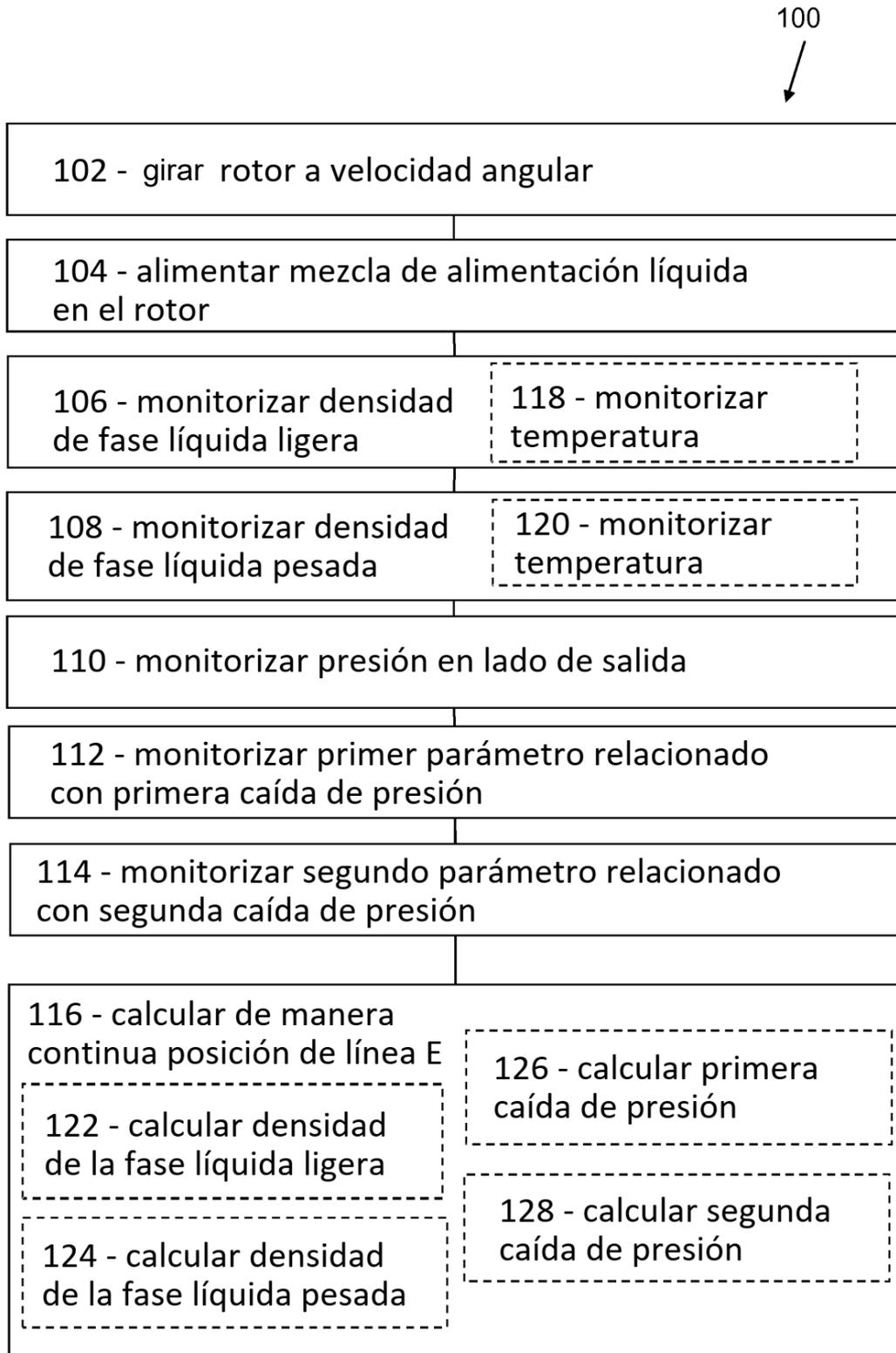


Fig. 4

