

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 487**

51 Int. Cl.:

C02F 1/44 (2006.01)

B01D 61/02 (2006.01)

B01D 61/12 (2006.01)

C02F 103/02 (2006.01)

C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2010 PCT/IL2010/000537**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.01.2011 WO11004364**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2010 E 10796804 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2451748**

54 Título: **Desalinización en circuito cerrado con retrofit para mejorar el rendimiento de sistemas comunes de ósmosis inversa**

30 Prioridad:

05.07.2009 IL 19970009

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

17.05.2017

73 Titular/es:

**DESALITECH LTD (100.0%)
4 Mevo Hashaked Street
90836 Har Adar, IL**

72 Inventor/es:

EFRATY, AVI

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 612 487 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

Desalinización en circuito cerrado con retrofit para mejorar el rendimiento de sistemas comunes de ósmosis inversa

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un aparato de Desalinización en Circuito Cerrado con Retrofit (CCDR, *Closed Circuit Desalination Retrofit*) para mejorar el rendimiento en sistemas comunes de Ósmosis Inversa (RO, *Reverse Osmosis*).

Descripción de la técnica anterior

10 La Desalinización en Circuito Cerrado (CCD, *Closed Circuit Desalination*) es una tecnología de ósmosis inversa no convencional que se dio a conocer a finales de los años ochenta por parte de Szuz y otros en la Patente de EE. UU. N° 4.983.301 y por Bartt en la Patente de EE. UU. N° 4.814.086 y tiene lugar de manera continua por medio de dos Tanques laterales. Recientemente, en la publicación PCT WO 2005/016830 A2 se ha informado de una tecnología CCD continua que utiliza un único contenedor, y más recientemente, en la publicación PCT WO 2006/001007 A2 se ha informado de un proceso CCD continuo que no necesita contenedores. El documento US 2008/023410 A1 describe un aparato para desalinización secuencial consecutiva en circuito cerrado continuo de una solución de agua salada mediante ósmosis inversa que comprende un sistema de circuito cerrado que comprende un módulo de desalinización o más de uno que tienen sus respectivas bocas de entrada y de salida conectadas en paralelo mediante canalizaciones de conducción, donde cada uno de los módulos de desalinización comprende un elemento de membrana o más de uno, un dispositivo de presurización para crear una contrapresión para permitir la desalinización mediante ósmosis inversa y la sustitución de permeado liberado por otro fresco, un sistema de circulación para reciclar la solución desalinizada a través de los módulos de desalinización, un sistema de canalizaciones de conducción para recoger el permeado desde los módulos de desalinización, un sistema de canalizaciones de conducción para retirar el efluente de salmuera, un sistema de válvulas para permitir la descarga periódica de salmuera desde el circuito cerrado sin detener el proceso de desalinización; y sistemas de monitorización y control para permitir que la desalinización continua en circuito cerrado con un factor de recuperación deseado se desarrolle en pasos secuenciales en condiciones de presión variable o constante.

15 El documento DE 26 22 461 A1 describe un sistema de ósmosis inversa que posee bombas de presurización y recirculación separadas.

20 En los documentos US 6 468 431 B1, US 6 267 891 B1, EP1 1 029 583 A1 y WO 02/09855 A1 se describen otros sistemas de ósmosis inversa conocidos.

30 Algunas aplicaciones comunes de Ósmosis Inversa de Agua Salobre (BWRO, *Brackish Water Reverse Osmosis*), tales como la producción de permeados de baja salinidad para diálisis médica, se llevan a cabo intencionalmente con un bajo factor de recuperación con un gasto considerable de agua y de energía. La presente invención describe un aparato de Desalinización en Circuito Cerrado con Retrofit (CCDR) exclusivo que pretende utilizarse para una integración sencilla con sistemas BWRO comunes para mejorar su rendimiento.

Resumen de la invención

35 En un aspecto de la invención, proporcionamos un sistema integrado que comprende: una unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre que posee una boca de entrada, una boca de salida de salmuera presurizada y una boca de salida de permeado; y una unidad de desalinización en circuito cerrado con retrofit no autónoma para la desalinización adicional del caudal de alimentación de salmuera presurizada recibida de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre, donde la unidad de retrofit comprende:

40 un circuito cerrado que comprende un módulo de desalinización o más de uno, donde el módulo de desalinización o cada módulo de desalinización posee una boca de entrada de módulo de desalinización y una boca de salida de módulo de desalinización respectivas conectadas en paralelo mediante canalizaciones de conducción primera y segunda respectivas, donde el módulo de desalinización o cada módulo de desalinización comprende un elemento de membrana o más de uno;

45 una tercera canalización de conducción con un medio de circulación para reciclar el concentrado desde las bocas de salida del módulo de desalinización hasta las bocas de entrada de módulo de desalinización del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización;

50 una cuarta canalización de conducción para suministrar dicho caudal de alimentación de salmuera presurizada desde la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hasta el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit;

una quinta canalización de conducción de permeado desde dicha unidad de retrofit hasta la boca de entrada de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre o hasta la boca de salida de permeado de dicha unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre;

- un primer medio de válvula (AV) ubicado en la tercera canalización de conducción, de manera que el primer medio de válvula (AV) es una válvula bidireccional configurada para permitir el flujo desde bocas de salida del módulo de desalinización hasta bocas de entrada de módulo de desalinización del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización y para descargar salmuera desde las bocas de salida de módulo de desalinización del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización en la mencionada unidad de retrofit sin detener el proceso de desalinización;
- una sexta canalización de conducción en la boca de salida del mencionado primer medio de válvula (AV) para permitir la descarga de salmuera desde el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit;
- un sensor para medir conductividad eléctrica de concentrado reciclado en dicho circuito cerrado de dicha unidad de retrofit para permitir un seguimiento del factor de recuperación de desalinización en dicho circuito cerrado; y
- sistemas de monitorización y control configurados para permitir la desalinización continua en circuito cerrado del factor de recuperación deseado en dicha unidad de retrofit,
- donde el sistema integrado incluye un segundo medio de válvula (V) que está posicionado en la cuarta canalización de conducción y puede configurarse entre un primer estado en el que el mencionado caudal de alimentación de salmuera presurizada es completamente desviado desde la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hacia el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit, activando de este modo la operación de dicha unidad de retrofit, y un segundo estado en el que se impide que dicho caudal de alimentación de salmuera presurizada fluya desde dicha unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hasta dicho circuito cerrado de dicha unidad de retrofit, deteniendo de este modo la operación de dicha unidad de retrofit, donde la unidad de retrofit está configurada para llevar a cabo un proceso secuencial consecutivo de dos pasos, donde un primer paso ocupa la mayor parte del tiempo e incluye la desalinización en circuito cerrado de concentrado reciclado mezclado con caudal de alimentación presurizado fresco a través del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización, y donde un segundo paso incluye un proceso de desalinización por flujo de tapón por el que la salmuera en el circuito cerrado es sustituida por un caudal de alimentación presurizado fresco, y en el que la descarga de salmuera y la recarga de caudal de alimentación fresco tienen lugar con un nivel de factor de recuperación de desalinización deseado.
- La unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre puede utilizarse en una cualquiera de las aplicaciones siguientes: diálisis médica, permeados de alta calidad, y para la mejora de suministros de agua en aplicaciones domésticas, industriales, y agrícolas.
- Puede posicionarse una bomba de elevación de presión en la mencionada cuarta canalización de conducción para suministrar salmuera presurizada desde dicha unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hasta dicho circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit para permitir que aumente la presión de dicho suministro si resulta insuficiente para permitir a la mencionada unidad de retrofit alcanzar el factor de recuperación de desalinización deseado.
- Puede posicionarse una bomba de elevación de presión en la mencionada quinta canalización de conducción de permeado desde la mencionada unidad de retrofit hasta la boca de entrada de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre para mezclarse con la fuente externa de caudal de alimentación a la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre cuando se suministra bajo presión.
- Pueden combinarse permeados de la mencionada unidad de retrofit y de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre.
- La integración de una unidad de BWRO común con la unidad de CCDR inventiva se consigue gracias a una cuarta canalización de conducción para efluente de salmuera presurizada desde la boca de salida de la unidad de BWRO hasta la boca de entrada de la unidad de CCDR y a una quinta canalización de conducción para permeado desde la unidad de CCDR hasta la canalización de alimentación de entrada de la unidad de BWRO o, de manera alternativa, una quinta canalización de conducción para combinar el permeado producido por ambas unidades conjuntamente.
- El sistema integrado BWRO-CCDR inventivo permite conseguir un factor de recuperación de fuente de alimentación mejorado concomitante con una calidad de permeado mejorada y unos requerimientos de energía reducidos.
- Breve descripción de los dibujos**
- La Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático que muestra la integración de las unidades de BWRO y de CCDR en un sistema para permeados de alta calidad.
- La Figura 2 es un diagrama de flujo esquemático que muestra la integración de las unidades de BWRO y de CCDR en un sistema para alto factor de recuperación de desalinización.
- La Figura 3 es un diagrama esquemático de una unidad de CCDR durante un modo de operación de desalinización en circuito cerrado.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de una unidad de CCDR con una bomba de elevación de presión de permeado durante un modo de operación de desalinización en circuito cerrado.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de una unidad de CCDR con una bomba de elevación de presión de caudal de alimentación durante un modo de operación de desalinización en circuito cerrado.

- 5 La Figura 6 es un diagrama esquemático de una unidad de CCDR que posee tanto una bomba de elevación de presión de permeado como una bomba de elevación de presión de caudal de alimentación durante un modo de operación de desalinización en circuito cerrado.

Descripción detallada de la invención

10 Los sistemas inventivos representados en la Figura 1 y en la Figura 2 proponen la adición de una unidad de Desalinización en Circuito Cerrado con Retrofit (CCDR) a una unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre (BWRO) en un sistema integrado para conseguir un factor de recuperación aumentado y una calidad mejorada de permeados. Las unidades de CCDR y de BWRO en el sistema descrito en la Figura 1 están unidos entre sí mediante unas canalizaciones de conducción cuarta y quinta de tal manera que la salmuera presurizada de la unidad de BWRO se convierte en el caudal de alimentación de la unidad de CCDR y el permeado de la unidad de CCDR se convierte en una parte del caudal de alimentación de la unidad de BWRO. El sistema inventivo representado en la Figura 2 se diferencia del representado en la Figura 1 en la disposición de la quinta canalización de conducción, puesto que en el sistema de la Figura 2 los permeados de las unidades de CCDR y de BWRO se combinan; mientras que en el sistema de la Figura 1 el permeado de la unidad de CCDR se convierte en una parte del caudal de alimentación de la unidad de BWRO. Ambos sistemas inventivos mostrados en la Figura 1 y en la Figura 2 permiten la consecución de un alto factor de recuperación de desalinización, de manera que el primer sistema (Figura 1) está pensado en particular para la producción de permeados de alta calidad y el segundo sistema (Figura 2) está pensado para servir como un potenciador de factor de recuperación multi-etapa para sistemas de BWRO existentes con un factor de recuperación de desalinización pobre.

15 Los sistemas integrados BWRO-CCDR descritos en la Figura 1 y en la Figura 2 comprenden una unidad de BWRO cualquiera de la técnica anterior acoplada a la unidad CCDR inventiva por medio de las canalizaciones de conducción cuarta y quinta. Las reivindicaciones de la presente invención están planteadas específicamente en relación con la nueva unidad de CCDR y su integración con una unidad de BWRO común para formar un sistema de rendimiento altamente mejorado en comparación con el rendimiento de la unidad de BWRO. Por consiguiente, el núcleo de la invención se refiere a sistemas en los que una unidad de CCDR recibe un caudal de alimentación presurizado desde una unidad de BWRO común de manera que el permeado producido por la unidad de CCDR o bien es reciclado para formar parte del caudal de alimentación de la unidad de BWRO de acuerdo con el sistema representado en la Figura 1 o bien, de manera alternativa, es combinado con el permeado producido por la unidad de BWRO de acuerdo con el sistema representado en la Figura 2. Las unidades de CCDR en los sistemas representados en la Figura 1 y en la Figura 2 funcionan la mayor parte del tiempo sobre la base de los principios de la Desalinización en Circuito Cerrado (CCD) donde los caudales de flujo del caudal de alimentación presurizado y del permeado son iguales (factor de recuperación del 100%); y una parte del tiempo funcionan sobre la base de los principios de la Desalinización por Flujo de Tapón (PFD, *Plug Flow Desalination*) para permitir el rechazo de efluente de salmuera desde el circuito cerrado de la unidad de CCDR y su sustitución por caudal de alimentación presurizado fresco mientras continúa la desalinización con un factor de recuperación de desalinización reducido. En comparación con el rendimiento de una unidad de BWRO aislada, los sistemas integrados descritos en la Figura 1 y en la Figura 2 permiten un mayor factor de recuperación de fuente de caudal de alimentación, una calidad de los permeados mejorada y ahorros significativos de energía puesto que el flujo de salmuera presurizada desde la unidad BWRO se convierte en la principal fuente de energía de las unidades de CCDR.

25 La unidad de CCDR de la realización mostrada en la Figura 3 comprende un módulo (M) único con un elemento (E) de membrana y un elemento (S) espaciador, una bomba (CP) de circulación para el reciclado de concentrado presurizado desde la boca (MO) de salida del módulo hasta la boca (MI) de entrada del módulo a través de una tercera canalización (CC) de conducción, una cuarta canalización (PF) de conducción para admitir caudal de alimentación presurizado fresco en el circuito cerrado a través de una boca (PFI) de entrada de caudal de alimentación situada aguas arriba de la boca (MI) de entrada del módulo, un medio de válvula (NR1, NR2 y NR3) anti-retorno para mantener la dirección de flujo deseada en las diferentes partes de la unidad, un medio de válvula (AV) bidireccional regulada para permitir la sustitución ocasional de efluente de salmuera por caudal de alimentación fresco en dicho circuito cerrado, un medio de válvula (MV) manual para permitir la consecución de una caída de presión deseada en dicho circuito cerrado de la unidad de CCDR mientras la AV está abierta para liberación de salmuera, un medio de monitorización tal como un medidor (FM) de flujo y un medidor (CM) de conductividad eléctrica de concentrado reciclado, y un medio de control para permitir el accionamiento automatizado de dicha unidad de CCDR de manera efectiva y eficiente a un nivel deseado de factor de recuperación de desalinización. Las funciones principales de la CP en la realización preferida (Figura 3) consisten en desplazar la caída de presión entre la boca de entrada del módulo y la boca de salida del módulo, así como en permitir el control sobre el flujo que atraviesa la membrana con el fin de minimizar efectos adversos de polarización de concentración.

60 La unidad de CCDR de los sistemas integrados representados en la Figura 1 y en la Figura 2 corresponde a la

realización preferida mostrada en la Figura 3 para ser utilizada en casos en los que el flujo de caudal de alimentación de salmuera presurizada recibida desde la unidad de BWRO tiene una presión suficiente para permitir la consecución de un nivel de factor de recuperación deseado. La realización preferida en la Figura 3 asume la producción y el suministro de permeado a una presión cercana a la atmosférica sin que exista la necesidad de un medio de elevación de presión.

La unidad de CCDR del sistema integrado representado en la Figura 1 corresponde a la realización preferida mostrada en la Figura 4 para ser utilizada en casos en los que el caudal de alimentación suministrado a la unidad de BWRO de dicho sistema está sometido a una presión moderada (por ejemplo, entre 2 y 5 bares). El propósito de la bomba (BP1) de elevación de presión instalada en la quinta canalización (PO) de conducción de dicha unidad de CCDR (Figura 4) consiste en elevar la presión de permeado hasta la presión de entrada deseada en la unidad de BWRO del sistema mostrado en la Figura 1.

La unidad de CCDR de los sistemas integrados representados en la Figura 1 y en la Figura 2 corresponde a la realización preferida mostrada en la Figura 5 para ser utilizada en casos en los que el flujo de caudal de alimentación de salmuera presurizada recibida desde la unidad de BWRO no tiene una presión suficiente para permitir la consecución de un nivel de factor de recuperación deseado; por lo tanto, se necesita el medio (BP2) de elevación de presión. La realización preferida en la Figura 5 asume una producción y suministro de permeado a una presión cercana a la atmosférica sin que exista la necesidad de un medio de elevación de presión de permeado.

La unidad de CCDR del sistema integrado representado en la Figura 1 corresponde a la realización preferida mostrada en la Figura 6 para ser utilizada en casos en los que la presión del caudal de alimentación a dicha unidad y la presión de permeado desde dicha unidad necesitan ser elevadas mediante un medio de elevación de presión (BP2 y BP1, respectivamente).

El método de funcionamiento de los sistemas integrados mostrados en la Figura 1 y en la Figura 2 es como sigue. El flujo de salmuera presurizada desde la unidad de BWRO común se desvía completamente hacia la boca de entrada de la unidad de CCDR mediante el medio V de válvula, una operación por la que todas las funciones de la unidad anterior son activadas. A la inversa, la detención del flujo de salmuera presurizada hacia la unidad de CCDR por el medio V de válvula detiene el funcionamiento de esta unidad de manera automática. Las unidades de CCDR (Figura 3 - Figura 6) de los sistemas integrados mostrados en la Figura 1 y en la Figura 2 funcionan la mayor parte del tiempo en un modo de funcionamiento de desalinización en circuito cerrado con un factor de recuperación del 100% donde el flujo de caudal de alimentación ($Q_{\text{alimentación}}$) y el flujo de permeado (Q_{permeado}) son iguales ($Q_{\text{alimentación}} = Q_{\text{permeado}}$) y este modo de funcionamiento es seguido por un breve paso de desalinización por flujo de tapón ($Q_{\text{alimentación}} = Q_{\text{permeado}} + Q_{\text{salmuera}}$), por el que la salmuera en el circuito cerrado es sustituida por caudal de alimentación presurizado fresco a un factor de recuperación de desalinización reducida. El rechazo de la salmuera desde el circuito cerrado de la unidad de CCDR tiene lugar gracias a la abertura ocasional de la válvula AV cuando la conductividad del concentrado reciclado alcanza un valor alto fijado de manera predeterminada que pone de manifiesto la consecución de un factor de recuperación deseado, y el cierre de esta válvula se producirá a un valor bajo de conductividad fijado de manera predeterminada que pone de manifiesto la sustitución completa de salmuera rechazada con caudal de alimentación presurizado fresco. Por consiguiente, el accionamiento de la válvula AV está totalmente controlado por la conductividad del concentrado reciclado monitorizada por el medidor (CM) de conductividad y por sus puntos de ajuste alto y bajo predeterminados.

Ninguna de las unidades CCDR de las realizaciones preferidas en las Figuras 3 a 6 de los sistemas integrados mostrados en la Figura 1 y en la Figura 2 son autónomas puesto que dependen completamente del caudal de alimentación presurizado suministrado por las unidades BWRO de los sistemas. Por consiguiente, el método implica el uso de unidades BWRO comunes como fuentes de caudal de alimentación presurizado hacia las unidades CCDR que llevan a cabo un proceso secuencial consecutivo de dos pasos en un modo de funcionamiento de desalinización en circuito cerrado con un factor de recuperación del 100% durante la mayor parte del tiempo y con intervalos breves de desalinización por flujo de tapón con factor de recuperación reducido teniendo lugar de manera ocasional para la descarga de salmuera desde el circuito cerrado y su sustitución con caudal de alimentación presurizado fresco que es el efluente de salmuera de las unidades BWRO. En términos simples, el método puede considerarse como la integración entre una unidad BWRO de etapa única y una unidad CCDR con capacidad de desalinización multi-etapa para la consecución de un factor de recuperación alto acompañado de eficiencia energética. Las unidades CCDR y los sistemas integrados de la presente invención sugieren una estrategia efectiva para la mejora de sistemas BWRO ineficientes existentes.

Debe entenderse que el diseño de realización preferidas del sistema inventivo mostrado en las Figuras 1 a 6 es esquemático y simplificado y no debe ser considerado como limitante de la invención. En la práctica, los aparatos de desalinización de acuerdo con la invención pueden comprender muchas canalizaciones, ramas, válvulas, y otras instalaciones y dispositivos adicionales tal como resulte necesario de acuerdo con los requerimientos específicos, permaneciendo sin embargo dentro del alcance de la invención y las reivindicaciones.

Las realizaciones preferidas representadas en las Figuras 3 a 6 muestran un aparato constituido por una unidad con un único módulo con un único elemento de membrana y un espaciador y esto es así por propósitos de simplicidad, claridad, uniformidad y por la conveniencia de la presentación. Debe entenderse que el diseño general de acuerdo

con la invención no está ni limitado ni confinado a aparatos de un único módulo y/o a aparatos con solamente un elemento de membrana por módulo. De manera específica, debe comprenderse que las unidades CCDR del aparato inventivo y del método inventivo pueden comprender más de un módulo con bocas de entrada y bocas de salida de módulos conectadas en paralelo a las canalizaciones de conducción primera y segunda y que cada uno de los

5 módulos puede comprender un elemento de membrana o más de uno con o sin espaciadores.

El reciclado del concentrado que se está llevando a cabo a través del circuito cerrado del sistema inventivo mostrado en las Figuras 3 a 6 se consigue mediante sistemas de circulación. Debe comprenderse que los sistemas de circulación de acuerdo con la invención pueden comprender una única bomba de circulación o, en su lugar, varias bombas de circulación, utilizadas de manera simultánea en paralelo y/o en serie.

10 Resultará obvio para aquellas personas versadas en la técnica que el método de desalinización descrito puede hacerse funcionar con unidades modulares y/o con aparatos de desalinización no modulares de diferentes diseños, tal como se explicó anteriormente en la presente memoria con respecto al aparato inventivo, siempre que tales aparatos comprendan un circuito cerrado de canalización de conducción con un módulo o más de un módulo con sus bocas de entrada y sus bocas de salida conectadas en paralelo al circuito cerrado de manera que cada módulo

15 contenga un elemento de membrana o más de un elemento de membrana; sistemas de circulación; cuartas canalizaciones de conducción con o sin bombas de elevación de presión para el suministro de caudal de alimentación de salmuera presurizada; quintas canalizaciones de conducción; medios de válvulas posicionados en la tercera canalización de conducción para la descarga de salmuera; sextas canalizaciones de conducción para retirada de salmuera; dispositivos de monitorización de presión, flujo, y conductividad; y medios de control gracias a los cuales el sistema completo puede funcionar de manera continua.

20 Resultará obvio para aquellas personas expertas en la técnica de la ósmosis inversa que el sistema inventivo puede aplicarse en general para mejorar el factor de recuperación de fuente de caudal de alimentación y la calidad del permeado de cualquier sistema BWRO común y, de manera específica, para la mejora de sistemas BWRO existentes incluyendo aquellos que se utilizan para diálisis médica y/o para otras aplicaciones de ósmosis inversa diferentes para la obtención de permeados de mejor calidad con menores requerimientos de energía.

Ejemplo

La realización preferida del aparato inventivo se ejemplifica con un sistema de acuerdo con el diseño representado en la Figura 1 que comprende un sistema BWRO común del tipo utilizado para diálisis médica (MD, *Medical Dialysis*) con un elemento de membrana convencional para Agua Salobre (por ejemplo, una Presión Motriz Neta (NDP, *Net Driving Pressure*) de $1,5 \times 10^6$ Pa (15 bar) bajo Condiciones de Ensayo) funcionando con un factor de recuperación de desalinización del 50% con una fuente de caudal de alimentación de 400 ppm de salinidad suministrada con un caudal de flujo de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ bajo presión cercana a la atmosférica. La unidad de Desalinización en circuito cerrado con retrofit (CCDR) integrada tiene, en el sistema ejemplificado, un diseño igual al representado en la Figura 3 y comprende un módulo (20,3 cm) (8 pulgadas) con un único elemento de membrana de baja energía para Agua Salobre (por ejemplo, ESPA2+) y un espaciador con la longitud de un único elemento; una bomba (CP) de circulación con un caudal de flujo de reciclado de $7,1 \text{ m}^3/\text{h}$; un monitor de Medidor de Flujo (FM) del concentrado reciclado; canalizaciones de presión (3,8 cm) (1,5 pulgadas) hechas de SS316; una Válvula (AV) Accionada Eléctricamente que funciona con señales recibidas de un Monitor (CM) de Conductividad, y válvulas (NR1, NR2 y NR3) anti-retorno para control de flujo en la dirección deseada en la unidad de CCDR mostrada en la Figura 3.

40 La unidad de CCDR ejemplificada (Figura 3) recibe una corriente estacionaria ($1,25 \text{ m}^3/\text{h}$) de caudal de alimentación a presión fija (aproximadamente $1,4 \times 10^6$ Pa (14 bar)) de 800 ppm de salinidad desde la unidad de BWRO en el sistema (Figura 1) y lleva a cabo un proceso de desalinización secuencial consecutivo de dos pasos continua con intervalos de Desalinización en Circuito Cerrado extendidos (aproximadamente 23 minutos cada uno) con un factor de recuperación del 100% y un promedio de 14 ppm de salinidad en el permeado de salida; y con breves intervalos de Desalinización por Flujo de Tapón (aproximadamente 3 minutos cada uno) con un factor de recuperación de aproximadamente un 20% y un promedio de 5 ppm de salinidad en el permeado de salida durante los cuales se descarga la salmuera y el circuito cerrado se recarga con un caudal de alimentación fresco. Este proceso secuencial consecutivo de dos pasos muestra un factor de recuperación global del 89% con respecto a la unidad de CCDR en el sistema y el accionamiento del medio AV de válvula en la unidad (Figura 3) para la descarga de salmuera se inicia para un valor de conductividad eléctrica que corresponde a una salinidad del concentrado de 7.272 ppm y se detiene para un valor de conductividad eléctrica que corresponde a una salinidad del concentrado de 1.000 ppm.

55 A lo largo de la duración del proceso secuencial consecutivo de dos pasos de 26 minutos por parte de la unidad de CCDR del diseño representado en la Figura 3, la demanda de volumen de caudal de alimentación de la unidad BWRO en el sistema descrito por la Figura 1 es de 1.083,3 litros, de los cuales 479,2 litros con una salinidad promedio de aproximadamente 14 ppm se originan en la unidad de CCDR del sistema y 604,1 litros con una salinidad de 400 ppm son suministrados desde la fuente externa. En términos simples, la mezcla suministrada como caudal de alimentación a la unidad de BWRO en la Figura 1 tiene una salinidad promedio de 229,3 ppm en lugar de 400 ppm; por lo tanto, la salinidad del permeado suministrado por el sistema ejemplificado para diálisis médica tiene un valor de alrededor de 2,8 ppm en lugar de 5,0 ppm en un sistema de BWRO común.

El volumen de salmuera de descarga durante la secuencia consecutiva de los pasos de 26 minutos en la unidad de CCDR del diseño representado en la Figura 3 es de aproximadamente 50 litros, o el volumen de concentrado en el circuito cerrado, y esto conllevó un factor de recuperación global del 91,7% de la fuente externa.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema integrado que comprende: una unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre que posee una boca de entrada, una boca de salida de salmuera presurizada y una boca de salida de permeado; y una unidad de desalinización en circuito cerrado con retrofit no autónoma para la desalinización adicional de caudal de alimentación de salmuera presurizada recibida desde la unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre, donde la unidad de retrofit comprende:
- 5 un circuito cerrado que comprende un módulo de desalinización o más de uno, donde el módulo de desalinización o cada módulo de desalinización posee una boca de entrada de módulo de desalinización y una boca de salida de módulo de desalinización respectivas conectadas en paralelo mediante canalizaciones de conducción primera y segunda respectivas, donde el módulo de desalinización o cada módulo de desalinización comprende un elemento de membrana o más de uno;
- 10 una tercera canalización de conducción con un medio de circulación para reciclar el concentrado desde las bocas de salida del módulo de desalinización hasta las bocas de entrada de módulo de desalinización del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización;
- 15 una cuarta canalización de conducción para suministrar dicho caudal de alimentación de salmuera presurizada desde la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hasta el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit;
- una quinta canalización de conducción de permeado desde dicha unidad de retrofit hasta la boca de entrada de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre o hasta la boca de salida de permeado de dicha unidad de
- 20 Ósmosis Inversa de Agua Salobre;
- un primer medio de válvula (AV) ubicado en la tercera canalización de conducción, de manera que el primer medio de válvula (AV) es una válvula bidireccional configurada para permitir el flujo desde bocas de salida del módulo de desalinización hasta bocas de entrada de módulo de desalinización del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización y para descargar salmuera desde las bocas de salida de módulo de desalinización del módulo de
- 25 desalinización o de cada módulo de desalinización en la mencionada unidad de retrofit sin detener el proceso de desalinización;
- una sexta canalización de conducción en la boca de salida del mencionado primer medio de válvula (AV) para permitir la descarga de salmuera desde el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit;
- 30 un sensor para medir conductividad eléctrica de concentrado reciclado en dicho circuito cerrado de dicha unidad de retrofit para permitir un seguimiento del factor de recuperación de desalinización en dicho circuito cerrado; y
- sistemas de monitorización y control configurados para permitir la desalinización continua en circuito cerrado del factor de recuperación deseado en dicha unidad de retrofit,
- 35 donde el sistema integrado incluye un segundo medio de válvula (V) que está posicionado en la cuarta canalización de conducción y puede configurarse entre un primer estado en el que el mencionado caudal de alimentación de salmuera presurizada es completamente desviado desde la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hacia el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit, activando de este modo la operación de dicha unidad de retrofit, y un segundo estado en el que se impide que dicho caudal de alimentación de salmuera presurizada fluya desde dicha unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hasta dicho circuito cerrado de dicha unidad de retrofit, deteniendo de este modo la operación de dicha unidad de retrofit, donde la unidad de retrofit está configurada para llevar a cabo un proceso secuencial consecutivo de dos pasos, donde un primer paso ocupa la mayor parte del tiempo e incluye la desalinización en circuito cerrado de concentrado reciclado mezclado con caudal de alimentación presurizado fresco a través del módulo de desalinización o de cada módulo de desalinización, y donde un segundo paso incluye un proceso de desalinización por flujo de tapón por el que la salmuera en el circuito cerrado es sustituida por un caudal de alimentación presurizado fresco, y en el que la
- 40 descarga de salmuera y la recarga de caudal de alimentación fresco tienen lugar con un nivel de factor de recuperación de desalinización deseado.
- 45
- 2.- Un sistema integrado según la reivindicación 1, en el que dicha unidad Ósmosis Inversa de Agua Salobre puede utilizarse en una cualquiera de las siguientes aplicaciones: diálisis médica, permeados de alta calidad, y para la mejora de suministros de agua para aplicaciones domésticas, industriales y agrícolas.
- 50
- 3.- Un sistema integrado según la reivindicación 1, en el que se posiciona una bomba de elevación de presión en la mencionada cuarta canalización de conducción para suministrar salmuera presurizada desde la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre hasta el mencionado circuito cerrado de la mencionada unidad de retrofit para permitir que aumente la presión de dicho suministro si resulta insuficiente para permitir a la mencionada unidad de retrofit alcanzar el factor de recuperación de desalinización deseado.
- 55
- 4.- Un sistema integrado según la reivindicación 1, en el que se posiciona una bomba de elevación de presión en la

mencionada quinta canalización de conducción de permeado desde la mencionada unidad de retrofit hasta la boca de entrada de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre para mezclarse con la fuente externa de caudal de alimentación a la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre cuando se suministra bajo presión.

- 5 5.- Un sistema integrado según la reivindicación 1, en el que se combinan permeados de la mencionada unidad de retrofit y de la mencionada unidad de Ósmosis Inversa de Agua Salobre.

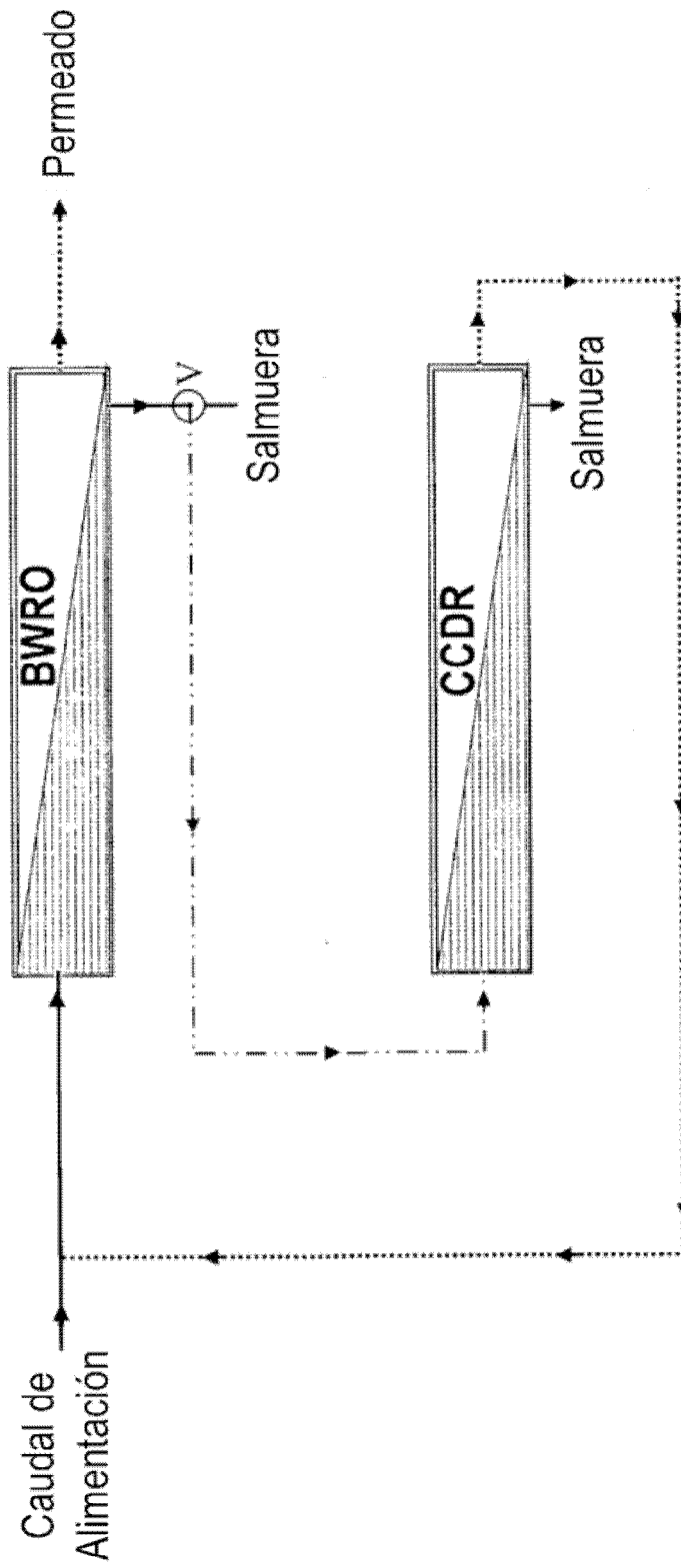


Fig. 1

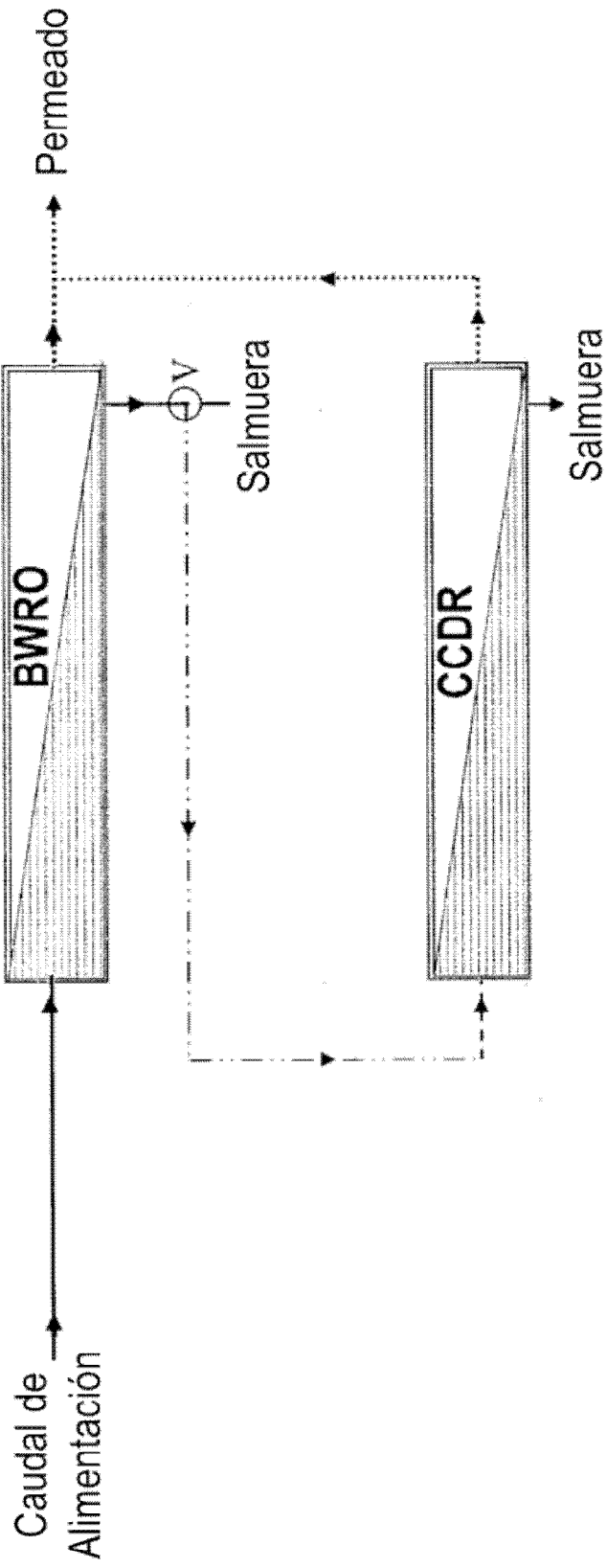


Fig. 2

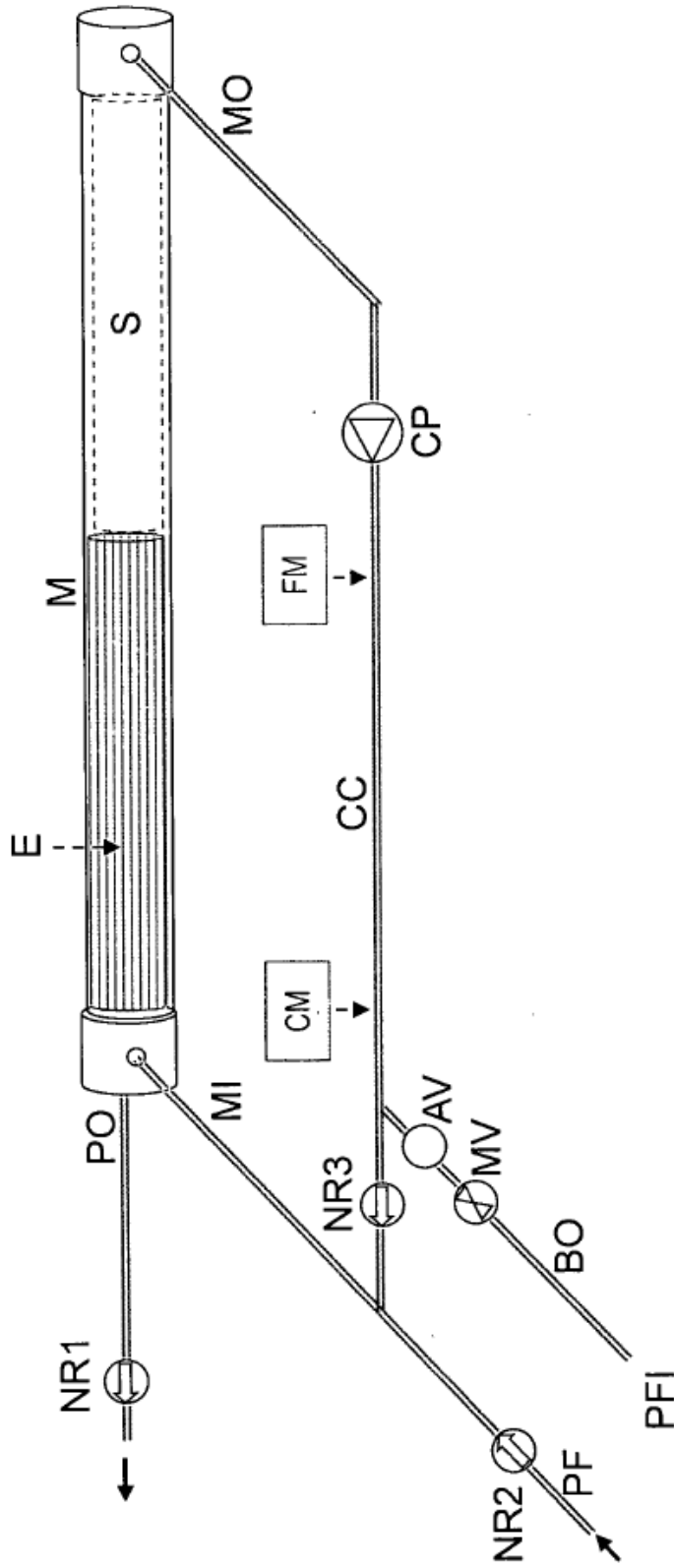


Fig. 3

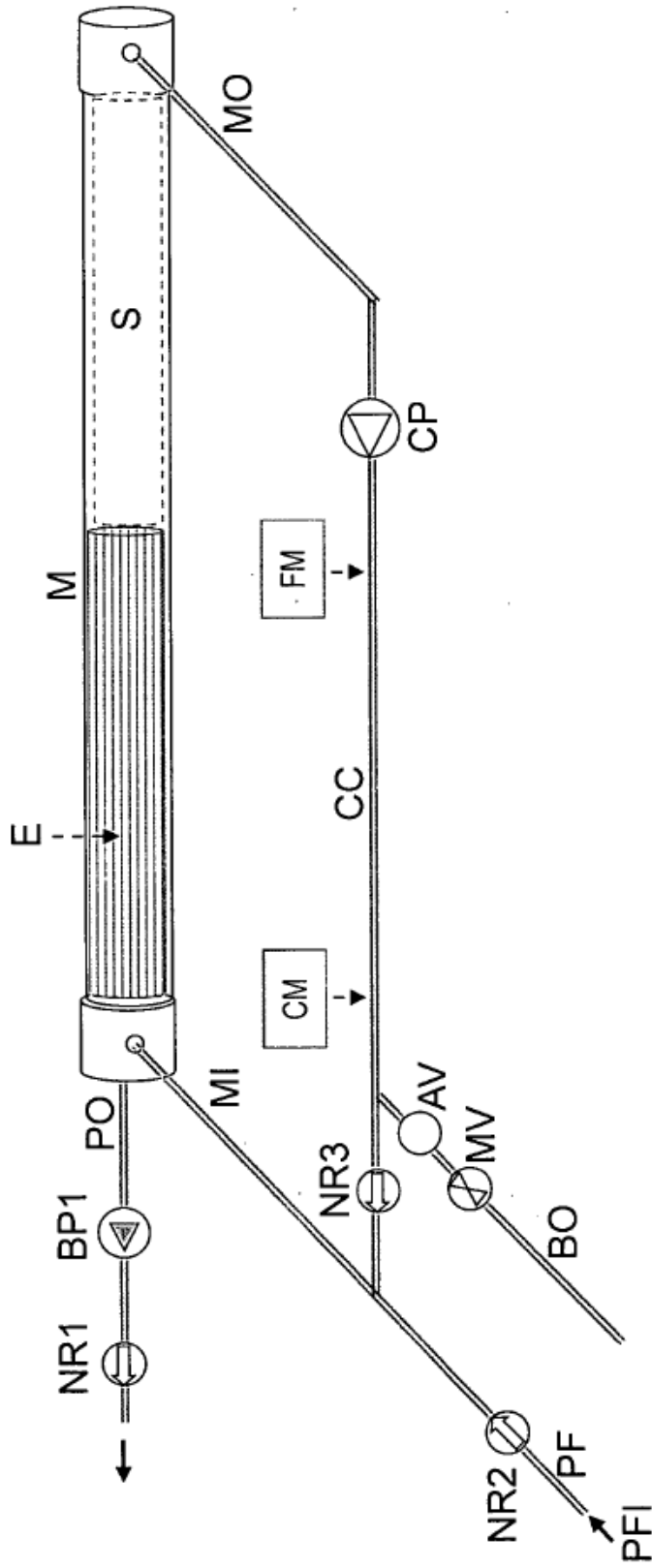


Fig. 4

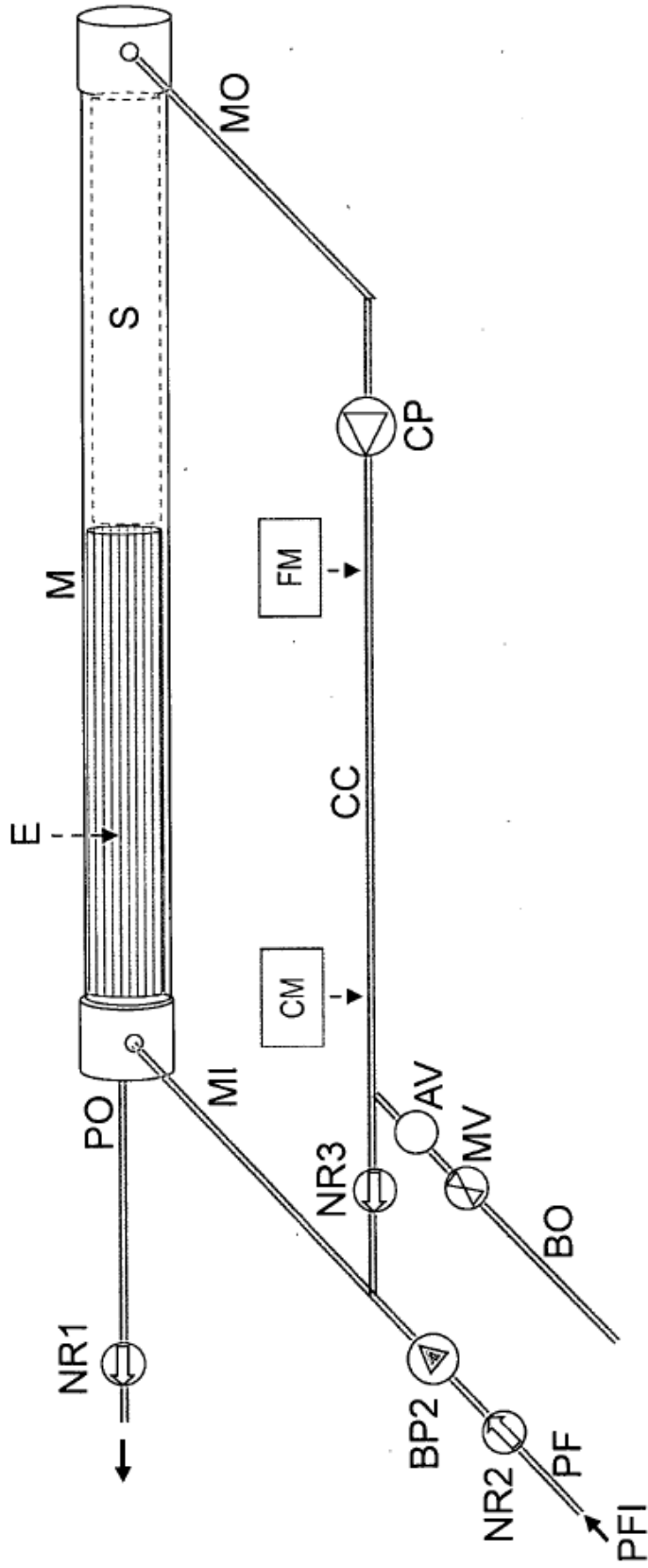


Fig. 5

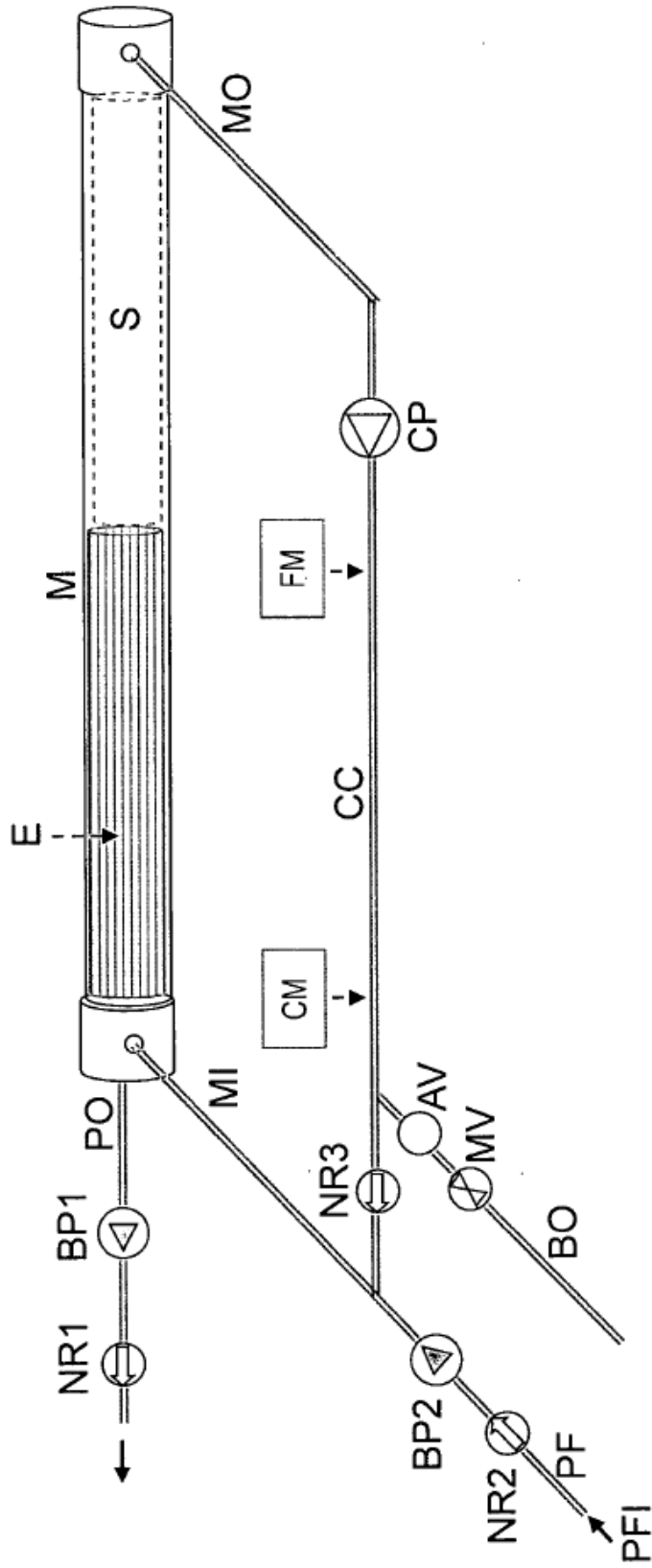


Fig. 6