

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 667**

51 Int. Cl.:

C02F 9/02	(2006.01)
B01D 61/44	(2006.01)
C02F 1/44	(2006.01)
C02F 1/469	(2006.01)
C02F 103/08	(2006.01)
C02F 9/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2009 PCT/JP2009/064061**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.12.2010 WO10137185**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2009 E 09845246 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2436657**

54 Título: **Aparato y procedimiento para producir tanto sal como agua dulce**

30 Prioridad:

28.05.2009 JP 2009129468

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

29.01.2018

73 Titular/es:

**mitsubishi heavy industries, ltd. (100.0%)
16-5, Konan 2-chome
Minato-Ku, Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:

**takeuchi, kazuhisa;
ito, yoshiaki;
kakigami, hidemasa;
iwahashi, hideo;
matsui, katsunori y
tanaka, kenji**

74 Agente/Representante:

fúster olaguibel, gustavo nicolás

ES 2 651 667 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento para producir tanto sal como agua dulce

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato de coproducción de sal y agua dulce que es capaz de producir sal y agua dulce con un único equipo, y a un método de coproducción de las mismas.

10 Técnica anterior

Se divulga un método de obtención de agua permeada (agua producida) suministrando en primer lugar agua de mar a un aparato de ósmosis inversa y luego desalinizando el agua de mar, mientras se obtiene sal suministrando agua concentrada a un electrodiálizador y concentrando adicionalmente el agua concentrada en un evaporador (producción de sal) (documento de patente 1 y documento de patente 2).

Se divulga un método de obtención de sal suministrando en primer lugar agua de mar a un electrodiálizador y luego concentrando la salmuera concentrada en un evaporador, mientras se obtiene agua permeada suministrando salmuera diluida a un aparato de ósmosis inversa (documento de patente 3 y documento de patente 4).

El documento de patente 5 se refiere a un procedimiento para purificar agua por medio de una combinación de al menos electrodiálisis y ósmosis inversa. Por tanto, se obtiene agua desalinizada usando una combinación de los al menos dos procedimientos de membrana, dispuestos en una configuración en serie en la que cada unidad de membrana purifica progresivamente el agua hasta que se garantiza el grado de pureza requerido. Al menos parte de la salmuera residual de la ósmosis inversa se recircula a la unidad de electrodiálisis. Esta corriente residual se usa con el fin de ahorrar agua en el procedimiento global.

El documento no de patente 1 se refiere a un procedimiento integrado de electrodiálisis-evaporación para el tratamiento de corrientes de procedimiento acuosas que contienen electrolitos. Se dice que el procedimiento diseñado es capaz de producir un producto continuo a una concentración de soluto constante a partir de una fuente cuya concentración varía.

Documento de patente 1: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 9-276864

35 Documento de patente 2: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2004-33848

Documento de patente 3: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 8-318136

40 Documento de patente 4: Solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 8-89958

Documento de patente 5: Documento GB 2 249 307 A

Documento no de patente 1: D.A. Rockstraw *et al.*, J. Membrane Sci., 52 (1990) 43-56

45 Divulgación de la invención**Problema que va a solucionar la invención**

50 En un método de ósmosis inversa convencional, se produce agua de mar concentrada mientras que se obtiene agua permeada (agua producida). Sin embargo, descargar el agua de mar concentrada tal cual al medio ambiente produce efectos negativos en un ecosistema debido a su alto contenido de sal. Por este motivo, el tratamiento del agua de mar concentrada se ha vuelto un problema en los últimos años.

55 Especialmente, el documento de patente 2 divulga un método de volver a suministrar salmuera diluida descargada desde un electrodiálizador hasta un aparato de ósmosis inversa, que soluciona el problema de descarga del agua de mar concentrada. Sin embargo, el método no tiene otra elección mas que recuperar casi todo el contenido de sal del agua de mar, lo que conduce al problema de que la razón entre la cantidad de agua que se produce y la cantidad de sal que se produce no puede controlarse. Por tanto, cuando existe una brecha entre la cantidad suministrada y la cantidad requerida de sal y agua, es difícil responder a la situación.

60 Los documentos de patente 3 y 4 divulgan que se obtiene agua permeada suministrando salmuera diluida descargada desde un electrodiálizador hasta un aparato de ósmosis inversa. Aunque se produce agua de mar concentrada junto con el agua permeada, la concentración del agua de mar concentrada puede ser igual o inferior a la concentración de agua de mar bruta suministrada al electrodiálizador ajustando la tasa de recuperación del agua permeada.

65

En este punto, se soluciona el problema de descargar agua de mar con un alto contenido de sal en el medio ambiente. Sin embargo, se producen los siguientes problemas nuevos.

5 1) Una membrana de intercambio iónico usada en un electrodiálizador tiene, como característica general, una propiedad por la cual es difícil hacer pasar los iones divalentes a través de la membrana en comparación con los iones monovalentes en el agua de mar. Como resultado, mientras que se concentran Na^+ y Cl^- como iones monovalentes, que son componentes principales del agua de mar, Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , y similares entre los subcomponentes, todos los cuales se disuelven como iones divalentes, son difíciles de concentrar en comparación con los iones monovalentes. Por consiguiente, la razón de composición de las especies iónicas anteriores en la salmuera diluida se vuelve superior a la del agua de mar.

15 2) La salmuera diluida se suministra a una membrana de ósmosis inversa (RO) de fase posterior para proporcionar agua permeada. En este momento, los iones divalentes se concentran en un lado concentrado. Estos iones divalentes son propensos a depositarse como componentes de incrustación con baja solubilidad. Los componentes de incrustación se adhieren a la superficie de la membrana de RO reduciendo la cantidad de agua que va a permearse, lo que provoca el problema de la denominada generación de adhesión de incrustación.

20 La presente invención se ha realizado en vista de los problemas, y un objeto de la misma es proporcionar un aparato de coproducción de sal y agua dulce que coproduce sal y agua de manera estable eliminando el problema de incrustación en un procedimiento de ósmosis inversa, así como no descargando agua concentrada con una concentración superior a la del agua de mar para no producir efectos negativos en el medio ambiente, y un método de coproducción de las mismas.

Medios para solucionar el problema

25 Un aspecto de la presente invención se refiere a un aparato de coproducción de sal y agua dulce según la reivindicación 1A.

30 Otro aspecto de la presente invención se refiere a un aparato de coproducción de sal y agua dulce según la reivindicación 1B.

35 Ventajosamente, el aparato de coproducción de sal y agua dulce incluye además una línea de desviación a través de la cual, después de que se añada el ácido a la salmuera diluida suministrada desde el electrodiálizador, una parte de la salmuera diluida con ácido añadido se desvía del aparato de separación de membrana de nanofiltración, que va a suministrarse al aparato de membrana de ósmosis inversa.

En el aparato de coproducción de sal y agua dulce, las concentraciones iónicas se determinan mediante un medidor de la concentración iónica.

40 Aún otro aspecto de la presente invención se refiere a un método de coproducción de sal y agua dulce según la reivindicación 3A.

45 Todavía otro aspecto de la presente invención se refiere a un método de coproducción de sal y agua dulce según la reivindicación 3B.

Efecto de la invención

50 Según la presente invención, el aparato de control controla para ajustar la razón entre la cantidad de descarga de agua concentrada de separación de membrana de descarga que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro de agua bruta, de manera que la concentración iónica en el agua concentrada de separación de membrana de recirculación determinada mediante un medidor de la concentración iónica sea igual o inferior a la concentración de saturación de yeso. Por tanto, en una alternativa, el agua concentrada de separación de membrana de ósmosis inversa se descarga parcialmente en un área de mar, y la parte restante se recircula a la fase posterior del aparato de pretratamiento. En otra alternativa, una membrana de nanofiltración retira iones divalentes, el agua tratada resultante se suministra a una membrana de ósmosis inversa, y el agua concentrada de separación de membrana de ósmosis inversa se recircula completamente al lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento. Por tanto, pueden coproducirse sal y agua de manera estable eliminando el problema de incrustación de una membrana de RO en el aparato de membrana de ósmosis inversa así como no descargando agua concentrada con una concentración superior a la del agua de mar para no producir efectos negativos en el medio ambiente.

Breve descripción de los dibujos

65 Fig. 1. La figura 1 es un esquema de un aparato de coproducción de sal y agua dulce según una primera realización.

Fig. 2. La figura 2 es un esquema de un aparato de coproducción de sal y agua dulce según una segunda

realización.

Fig. 3. La figura 3 es un esquema de otro aparato de coproducción de sal y agua dulce según la segunda realización.

Fig. 4. La figura 4 es un gráfico para explicar la relación entre la cantidad de descarga de agua concentrada de separación de membrana/la cantidad de suministro de agua de mar y el grado de saturación de yeso.

Fig. 5. La figura 5 es un gráfico para explicar la relación entre el pH de la salmuera diluida y el índice de estabilidad de Stiff y Davis.

Mejor(es) modo(s) para llevar a cabo la invención

La presente invención se describirá en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. La presente invención no se limita a las realizaciones. Los elementos constituyentes de las realizaciones incluyen elementos fácilmente convertibles por un experto en la técnica, o elementos que son sustancialmente los mismos que aquellos.

Primera realización

Se explicará un aparato de coproducción de sal y agua dulce según una primera realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. La figura 1 es un esquema del aparato de coproducción de sal y agua dulce según la presente realización.

Tal como se muestra en la figura 1, un aparato de coproducción de sal y agua dulce 10A incluye: un aparato de pretratamiento 12 que filtra un contenido turbio de agua de mar de suministro 11 que es agua bruta suministrada a través de una línea L₁; un electrodiálizador 14 que electrodiáliza agua pretratada 13 suministrada desde el aparato de pretratamiento 12 a través de una línea L₂; un evaporador 16 que evapora salmuera concentrada 15 (agua salada concentrada) que se dializa mediante el electrodiálizador 14 y se suministra a través de una línea L₃; un secador 19 que produce sal 18 secando agua condensada 17 suministrada desde el evaporador 16 a través de una línea L₄; una unidad de adición de ácido 22 que añade ácido 21 (por ejemplo, un ácido sulfúrico o un ácido clorhídrico) a la salmuera diluida 20 (que contiene grandes cantidades de una sal de calcio (Ca) y una sal de magnesio (Mg), y tiene una pequeña cantidad de una sal de sodio (Na)) suministrada desde el electrodiálizador 14 a través de una línea L₅; un aparato de membrana de ósmosis inversa 25 que tiene una membrana de ósmosis inversa 25a (membrana de RO) que produce agua dulce que es agua permeada 24 obtenida retirando un contenido de sal de la salmuera diluida con ácido añadido 23 a la que se añade el ácido 21; una línea de recirculación L₆ devuelve una parte 26-1 del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal 26 suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 a la línea L₂ ubicada en el lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento 12; una línea de descarga de agua L₇ que descarga agua concentrada 26-2 restante ramificada en un área de mar; y un aparato de control 31 que controla para ajustar la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana de descarga 26-2 que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua de mar de suministro 11 detectando las concentraciones iónicas de iones divalentes (Ca²⁺, Mg²⁺) e iones SO₄²⁻ en el agua concentrada de separación de membrana de recirculación 26-1 que va a recircularse usando un medidor de la concentración iónica 30 de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso. En el aparato de coproducción de sal y agua dulce 10A, el pH de la salmuera diluida con ácido añadido 23 se establece para que sea igual o inferior a 7,3 añadiendo el ácido 21 desde la unidad de adición de ácido 22 para evitar la generación de incrustación en el aparato de membrana de ósmosis inversa 25. La sal 18 se obtiene del secador 19, y se obtiene agua producida 29 (agua dulce) suministrando agua evaporada 28 suministrada desde el evaporador 16 a través de una línea L₉ hasta la línea L₉ para combinar el agua evaporada 28 con el agua permeada 24 suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25.

En el aparato de coproducción de sal y agua dulce según la presente invención, el aparato de control 31 controla para ajustar la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana de descarga 26-2 que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua de mar de suministro 11. El ajuste se realiza de manera que las concentraciones iónicas en el agua concentrada de separación de membrana de recirculación 26-1, que se detectan mediante el medidor de la concentración iónica 30, sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso. Por tanto, la parte 26-2 del agua concentrada de separación de membrana 26 se descarga en un área de mar, y la parte 26-1 restante se recircula a la fase posterior del aparato de pretratamiento 12. Debido a esto, pueden coproducirse sal y agua de manera estable eliminando el problema de incrustación de la membrana de RO 25a en el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 así como no descargando agua concentrada con una concentración superior a la del agua de mar para no producir efectos negativos en el medio ambiente.

La razón de (la cantidad de descarga en un área de mar) del agua concentrada de separación de membrana de descarga 26-2 (descargada en un área de mar)/(la cantidad de suministro del agua de mar de suministro 11) se ajusta para que esté en el intervalo de desde igual a o más de 0,32 hasta inferior a 1 para resolver el problema de incrustación.

Esto es porque, tal como se muestra en la figura 4, cuando la razón es igual a o inferior a 0,32, el grado de saturación de yeso excede el 100%, lo cual no es preferible.

5 La unidad de adición de ácido 22 ajusta el suministro de ácido a la salmuera diluida 20 que va a suministrarse al aparato de membrana de ósmosis inversa 25, de manera que el pH de la salmuera diluida 20 sea igual o inferior a 7,3.

10 Esto es porque, tal como se muestra en la figura 5 que explica la relación entre el pH de la salmuera diluida 20 y el índice de estabilidad de Stiff y Davis, cuando el pH excede de 7,3, el índice de estabilidad de Stiff y Davis excede de 0, lo cual no es preferible.

15 Según la presente invención, no se suministra agua con una alta concentración de sal, porque el agua concentrada de separación de membrana tiene una concentración sustancialmente igual o inferior a la concentración de sal del agua de mar de suministro. Por este motivo, pueden evitarse los efectos negativos al entorno biológico debido a una masa de agua con una alta concentración de sal y una alta densidad en el fondo del mar acumulada sobre el fondo del mar cerca de la orilla.

20 Además, puede disminuirse la presión de suministro en el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 mediante el suministro de la salmuera diluida 20 desde el electrodiálizador 14 hasta el aparato de membrana de ósmosis inversa 25. Esto permite ahorrar energía mediante la eficiencia energética y reducir el tamaño del aparato.

25 La cantidad de suministro de agua de mar, que es agua bruta, puede disminuirse mediante la recirculación de la parte 26-1 del agua concentrada de separación de membrana 26 a la línea L₂ situada entre el aparato de pretratamiento 12 y el electrodiálizador 14. Esto permite reducir el tamaño del aparato de pretratamiento 12.

Por tanto, puede reducirse el tamaño del aparato de pretratamiento hasta casi el 50% en comparación con el caso en el que no se recircula el agua concentrada de separación de membrana.

30 La parte 26-1 del agua concentrada de separación de membrana 26 suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 se recircula, y la 26-2 restante se descarga en un área de mar. Por tanto, las concentraciones de Ca²⁺ y SO₄²⁻ en la salmuera diluida 20 suministrada desde el electrodiálizador 14 y el agua concentrada de separación de membrana 26 pueden ser iguales o inferiores a sus concentraciones de saturación. Como resultado de esto, puede evitarse que se deposite CaSO₄ y se adhiera a la membrana de intercambio iónico del electrodiálizador 14 y la membrana de RO 25a del aparato de membrana de ósmosis inversa 25, lo que permite un funcionamiento seguro.

35 Según la presente realización, el medidor de la concentración iónica 30 se proporciona para determinar las concentraciones iónicas, aunque la presente invención no se limita a ello. Por ejemplo, un conductímetro puede medir conductividades eléctricas en el agua de mar de suministro 11, que es agua bruta, para determinar las concentraciones de iones divalentes (Ca²⁺, Mg²⁺), y la concentración de SO₄²⁻ puede determinarse a partir de la cantidad aditiva de ácido que va a añadirse.

45 Además, la generación de incrustación de CaSO₄, que puede producirse sobre la membrana de RO 25a del aparato de membrana de ósmosis inversa 25, también puede evitarse disminuyendo el pH.

En cuanto al ácido 21 que va a añadirse por la unidad de adición de ácido 22, se prefiere ácido sulfúrico para uso práctico, y se prefiere ácido clorhídrico en cuanto a la eliminación de incrustación.

50 En cambio, el método de la solicitud anterior que recircula todas las cantidades de agua concentrada de RO haciendo que su cantidad de descarga a un área de mar sea cero, conduce a desventajas debido a la generación de incrustación. Por tanto, el método no puede ponerse en práctica.

55 Las propiedades de permeación de la membrana de las concentraciones de iones Ca²⁺ y SO₄²⁻ varían dependiendo de las condiciones de funcionamiento del electrodiálizador 14 y el aparato de membrana de ósmosis inversa 25, y las propiedades y el envejecimiento de una membrana de intercambio iónico y una membrana de ósmosis inversa.

60 Por tanto, se detectan las concentraciones de iones Ca²⁺ y SO₄²⁻ en el agua concentrada de RO cuando las concentraciones se vuelven las más altas durante el funcionamiento. El aparato de control 31 ajusta con precisión las válvulas V₁ y V₂ de manera que las concentraciones se vuelven iguales a o inferiores a la concentración de saturación de yeso. El ajuste se realiza de manera que las concentraciones disminuyen todo lo posible en un intervalo en el que la razón de "la cantidad de descarga en un área de mar del agua concentrada de separación de membrana de descarga 26-2 (descargada en un área de mar)" / "la cantidad de suministro del agua de mar de suministro 11" es igual a o mayor que 0,32 e inferior a 1.

65 Como resultado de esto, se evita que el yeso se deposite y se adhiera a las membranas, y la cantidad de suministro

de agua de mar puede minimizarse mientras se mantiene un funcionamiento seguro. Por tanto, la carga de pretratamiento se reduce, lo que permite que el aparato de pretratamiento realice un funcionamiento de ahorro de energía.

5 Para la detección de las concentraciones de iones Ca^{2+} y SO_4^{2-} mediante el medidor de la concentración iónica 30, son aplicables métodos convencionales tales como un método de quelato o un método gravimétrico. La concentración de saturación de yeso se obtiene computacional o experimentalmente de antemano.

10 Para aparatos que detectan conductividades eléctricas del agua concentrada de separación de membrana y un área de mar en la que se descarga el agua concentrada de separación de membrana, es aplicable un densitómetro convencional para un conductímetro líquido o eléctrico.

15 La tasa de recuperación del agua permeada puede ajustarse variando la presión de la salmuera diluida con ácido añadido 23 suministrada al aparato de membrana de ósmosis inversa 25.

20 El método de coproducción de sal y agua dulce de la presente invención incluye: filtrar un contenido turbio del agua de mar de suministro 11 que es agua bruta mediante el aparato de pretratamiento 12; electrodializar el agua pretratada 13 mediante el electrodializador 14; producir la sal 18 evaporando la salmuera concentrada 15 resultante así como añadir el ácido 21 a la salmuera diluida 20 obtenida después de la electrodialización; y obtener el agua producida 29 (agua dulce) que es el agua permeada 24 obtenida retirando un contenido de sal de la salmuera diluida con ácido añadido 23 mediante el aparato de membrana de ósmosis inversa 25. En el método de coproducción, la parte 26-1 del agua concentrada de separación de membrana 26 enriquecida en sal suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 se devuelve al lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento 12. Cuando el agua concentrada 26-2 restante ramificada se descarga en un área de mar, el pH de la salmuera diluida con ácido añadido 23 se establece para que sea igual o inferior a 7,3 para evitar la generación de incrustación, y se ajusta la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana de descarga 26-2 que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua bruta. El ajuste se realiza detectando las concentraciones iónicas de iones divalentes e iones SO_4^{2-} en el agua concentrada de separación de membrana de recirculación 26-1 que va a recircularse de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso. Por tanto, pueden coproducirse sal y agua de manera estable eliminando el problema de incrustación de la membrana de RO 25a en el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 así como no descargando agua concentrada con una concentración superior a la del agua de mar para no producir efectos negativos en el medio ambiente.

35 Segunda realización

Se explicará un aparato de coproducción de sal y agua dulce según una segunda realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. La figura 2 es un esquema del aparato de coproducción de sal y agua dulce según la presente realización.

40 Tal como se muestra en la figura 2, un aparato de coproducción de sal y agua dulce 10B incluye, además del aparato de coproducción de sal y agua dulce 10A representado en la figura 1, un aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 que retira iones divalentes de la salmuera diluida con ácido añadido 23 que es la salmuera diluida 20 a la que se añade el ácido 21 mediante el electrodializador 14. El aparato de membrana de ósmosis inversa 25 que tiene la membrana de RO 25a que produce agua dulce que es el agua permeada segunda 24B obtenida retirando un contenido de sal del agua permeada primera 24A suministrada desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 se proporciona en la fase posterior del aparato de separación de membrana de nanofiltración 41. En la figura 2, L₁₀ indica una línea que suministra el agua permeada primera 24A desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41.

50 La cantidad total de agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal segunda 26B suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 se devuelve a la línea L₂ ubicada en el lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento 12 a través de la línea de recirculación L₆. La cantidad total de agua concentrada de separación de membrana primera 26A suministrada desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 se descarga en un área de mar a través de la línea de descarga de agua L₇.

60 Según la presente realización, se descarga agua concentrada en iones divalentes en un área de mar, como agua concentrada de separación de membrana primera 26A, haciendo pasar toda la salmuera diluida 20 suministrada desde el electrodializador 14 a través del aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 para eliminar iones divalentes. Mientras tanto, se suministra agua tratada que es el agua permeada primera 24A al aparato de ósmosis inversa 25. La cantidad de suministro de agua de mar puede reducirse recirculando la cantidad total del agua concentrada de separación de membrana segunda 26B al lado del electrodializador 14.

65 La tasa de recuperación del agua producida 29 y la cantidad producida de cloro (la sal 18) pueden aumentarse porque el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 no descarga agua en un área de mar.

Al recircular toda el agua concentrada de separación de membrana segunda 26B suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25, las concentraciones de iones Ca^{2+} y SO_4^{2-} se acumulan en el sistema, lo que puede generar incrustación de yeso. Sin embargo, el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 retira iones divalentes de iones Ca^{2+} y SO_4^{2-} para descargar los iones fuera del sistema. Como resultado, las concentraciones en el sistema pueden ser iguales o inferiores a sus concentraciones de saturación, lo que puede superar la desventaja.

Tal como se describió anteriormente, el método de coproducción de sal y agua dulce según la presente invención incluye: filtrar un contenido turbio del agua de mar de suministro 11 que es agua bruta mediante el aparato de pretratamiento 12; electrodializar el agua pretratada 13 mediante el electrodializador 14; producir la sal 18 evaporando la salmuera concentrada 15 resultante así como añadir el ácido 21 a la salmuera diluida 20 obtenida después de la electrodialización; y obtener el agua dulce que es el agua permeada obtenida retirando un contenido de sal de la salmuera diluida con ácido añadido 23 mediante el aparato de membrana de ósmosis inversa 25. En el método de coproducción, el pH de la salmuera diluida con ácido añadido 23 se establece para que sea igual a o inferior a 7,3 para evitar la generación de incrustación. Los iones divalentes en la salmuera diluida con ácido añadido 23 se retiran usando el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 en la fase frontal del aparato de membrana de ósmosis inversa 25. La cantidad total del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal segunda 26B suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 se devuelve al lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento 12. La cantidad total del agua concentrada de separación de membrana primera 26A suministrada desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41 se descarga en un área de mar. La razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana primera que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua bruta se ajusta detectando las concentraciones iónicas de iones divalentes e iones SO_4^{2-} en el agua concentrada de separación de membrana segunda 26B que va a recircularse de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso. Por tanto, pueden coproducirse sal y agua de manera estable eliminando el problema de incrustación de la membrana de RO 25a en el aparato de membrana de ósmosis inversa 25 así como no descargando agua concentrada con una concentración superior a la del agua de mar para no producir efectos negativos en el medio ambiente.

La figura 3 es una modificación de la presente realización.

Tal como se muestra en la figura 3, un aparato de coproducción de sal y agua dulce 10C incluye, además del aparato de coproducción de sal y agua dulce 10B representado en la figura 2, una línea de desviación L_{11} que se ramifica desde la línea de suministro L_5 , que suministra la salmuera diluida 20 suministrada desde el electrodializador 14, a la línea L_{10} mientras se desvía del aparato de separación de membrana de nanofiltración 41. Por tanto, la salmuera diluida con ácido añadido 23 se suministra directamente al aparato de membrana de ósmosis inversa 25.

Esto es para recircular sin enviar el agua concentrada de separación de membrana primera 26A que va a descargarse en un área de mar en una cantidad que exceda la cantidad de tratamiento al aparato de separación de membrana de nanofiltración 41.

Una cantidad de desviación que va a desviarse puede ser de aproximadamente dos tercios de la salmuera diluida con ácido añadido 23.

Por tanto, aproximadamente un tercio de la salmuera diluida con ácido añadido 23 se suministra al aparato de separación de membrana de nanofiltración 41.

Como resultado de esto, puede reducirse el tamaño del equipo del aparato de separación de membrana de nanofiltración 41.

Realización de prueba

Resultados sometidos a prueba de: una primera realización de prueba en la que se usa el aparato que coproduce sal y agua dulce de la primera realización; una segunda realización de prueba en la que se usa el aparato de la segunda realización; una primera realización comparativa en la que no se recircula agua; y una segunda realización comparativa en la que sólo se produce sal, se representan en la tabla 1, respecto a la razón de la cantidad producida de agua dulce (en relación con el agua de mar de suministro), la razón de la cantidad de agua descargada (en relación con el agua de mar de suministro), y la tasa de recuperación de cloro (salmuera concentrada/agua de mar de suministro).

Tabla 1

	Primera realización de prueba	Segunda realización de prueba	Primera realización comparativa	Segunda realización comparativa

Tasa de recirculación de agua concentrada (%)	68,2	78,6	0	-
Razón de cantidad producida de agua dulce (en relación con el agua de mar de suministro)	55,1	63,4	27,0	0
Razón de cantidad descargada de agua (en relación con el agua de mar de suministro)	31,8	21,4	64,0	93,5
Tasa de recuperación de Cl (salmuera concentrada)/(agua de mar de suministro)	72,9	85,8	37,0	37,0
Productos producidos	Sal y agua dulce	Sal y agua dulce	Sal y agua dulce	Sólo sal

5 Tal como se representó anteriormente, tanto la razón de la cantidad producida de agua dulce como la tasa de recuperación de cloro para el aparato en la primera realización de prueba aumentaron en comparación con las de la primera realización comparativa y la segunda realización comparativa. La razón de la cantidad de agua descargada disminuyó.

10 En la segunda realización de prueba, en comparación con la primera realización de prueba que no usa el aparato de separación de membrana de nanofiltración 41, la razón de la cantidad producida de agua dulce (en relación con el agua de mar de suministro) aumentó desde el 55,1% hasta el 63,4%. El cloro (proporcional a la tasa de recuperación de sal) aumentó desde el 72,9% hasta el 85,8%.

Aplicabilidad industrial

15 Tal como se describió anteriormente, con el aparato de coproducción de sal y agua dulce según la presente invención, pueden evitarse los efectos negativos al entorno biológico debido a una masa de agua con una alta concentración de sal y una alta densidad en el fondo del mar acumulada sobre el fondo del mar cerca de la orilla descargando agua con una concentración sustancialmente igual o inferior a una concentración de sal de agua de mar de suministro.

20 **Explicación de las letras o números de referencia**

- 10A, 10B, 10C aparato de coproducción de sal y agua dulce
- 11 agua de mar de suministro
- 25 12 aparato de pretratamiento
- 13 agua pretratada
- 30 14 electrodiálizador
- 15 salmuera concentrada (agua salada concentrada)
- 35 16 evaporador
- 17 agua condensada
- 18 sal
- 40 19 secador
- 20 salmuera diluida
- 45 21 ácido
- 22 unidad de adición de ácido
- 23 salmuera diluida con ácido añadido
- 50 24 agua permeada
- 25a membrana de ósmosis inversa (membrana de RO)

- 25 aparato de membrana de ósmosis inversa
- 5 26, 26-1, 26-2 agua concentrada de separación de membrana
- 26A agua concentrada de separación de membrana primera
- 26B agua concentrada de separación de membrana segunda
- 10 28 agua evaporada
- 29 agua producida (agua dulce)

REIVINDICACIONES

1. Aparato de coproducción de sal y agua dulce (10A; 10B; 10C) que comprende:
 - 5 (A) un aparato de pretratamiento (12) que filtra un contenido turbio de un agua bruta (11) para producir agua pretratada (13);
 - un electrodiálizador (14) que electrodiáliza el agua pretratada (13) para producir salmuera concentrada (15) y salmuera diluida (20);
 - 10 un evaporador (16) que evapora una parte de la salmuera concentrada (15) para producir agua condensada (17) y agua evaporada (28);
 - un secador (19) que produce sal (18) secando el agua condensada (17);
 - 15 una unidad de adición de ácido (22) que añade ácido (21) a la salmuera diluida (20);
 - un aparato de membrana de ósmosis inversa (25) que tiene una membrana de ósmosis inversa (25a) que produce (i) agua dulce (24) que es agua permeada obtenida retirando un contenido de sal de la salmuera diluida (23) a la que se añade el ácido (21) y (ii) agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26);
 - 20 una línea de recirculación (L6) que devuelve una parte del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26) a un lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento (12) como agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26-1);
 - 25 una línea de descarga de agua (L7) que descarga la parte restante del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26) en un área de mar como agua concentrada de separación de membrana de descarga (26-2);
 - 30 un medidor de la concentración iónica (30) que detecta concentraciones iónicas de iones divalentes e iones SO_4^{2-} del agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26-1), estando dispuesto el medidor de la concentración iónica (30) en la línea de recirculación (L6);
 - 35 un aparato de control (31) que controla para ajustar la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana de descarga (26-2) que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua bruta (11) en respuesta a las concentraciones iónicas detectadas de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso, en el que
 - 40 el agua producida (29) se obtiene combinando el agua evaporada (28) suministrada desde el evaporador (16) con el agua permeada (24) suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa (25); o
 - 45 (B) un aparato de pretratamiento (12) que filtra un contenido turbio de un agua bruta (11) para producir agua pretratada (13);
 - un electrodiálizador (14) que electrodiáliza el agua pretratada (13) para producir salmuera concentrada (15) y salmuera diluida (20);
 - 50 un evaporador (16) que evapora una parte de la salmuera concentrada (15) para producir agua condensada (17) y agua evaporada (28);
 - un secador (19) que produce sal (18) secando el agua condensada (17);
 - 55 una unidad de adición de ácido (22) que añade ácido (21) a la salmuera diluida (20);
 - un aparato de separación de membrana de nanofiltración (41) que retira iones divalentes de la salmuera diluida (20) a la que se añade el ácido (21) para producir agua tratada (24A) y agua concentrada (26A) de separación de membrana;
 - 60 un aparato de membrana de ósmosis inversa (25) que tiene una membrana de ósmosis inversa (25a) que produce (i) agua dulce (24B) que es agua permeada obtenida retirando un contenido de sal del agua tratada (24A) suministrada desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración (41) y (ii) agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26B);
 - 65 una línea de recirculación (L6) que devuelve la cantidad total del agua concentrada de separación de

- membrana enriquecida en sal (26B) suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa (25) a un lado de flujo posterior del aparato de pretratamiento (12) como agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26B);
- 5 una línea de descarga de agua (L7) que descarga la cantidad total del agua concentrada de separación de membrana (26A) suministrada desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración (41) en un área de mar;
- 10 un medidor de la concentración iónica (30) que detecta concentraciones iónicas de iones divalentes e iones SO_4^{2-} del agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26B);
- 15 un aparato de control (31) que controla para ajustar la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana (26A) que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua bruta (11) en respuesta a las concentraciones iónicas detectadas de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso, en el que
- 20 el agua producida (29) se obtiene combinando el agua evaporada (28) suministrada desde el evaporador (16) con el agua permeada (24) suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa (25).
2. Aparato de coproducción de sal y agua dulce (10A; 10B; 10C) según la reivindicación 1, realización (B), comprendiendo además una línea de desviación (L11) a través de la cual, después de que se añada el ácido (21) a la salmuera diluida (20) suministrada desde el electrodiálizador (14), una parte de la salmuera diluida con ácido añadido (23) se desvía del aparato de separación de membrana de nanofiltración (41), que va a suministrarse al aparato de membrana de ósmosis inversa (25).
- 25 3. Método de coproducción de sal y agua dulce que comprende:
- (A) suministrar agua bruta (11);
- 30 filtrar un contenido turbio del agua bruta (11) para obtener agua pretratada (13);
- electrodializar el agua pretratada (13) para obtener salmuera diluida (20) y salmuera concentrada (15);
- 35 evaporar una parte de la salmuera concentrada (15) para obtener agua condensada (17) y agua evaporada (28);
- secar el agua condensada (17) para obtener sal (18); añadir ácido (21) a la salmuera diluida (20);
- 40 usando un aparato de membrana de ósmosis inversa (25), producir (i) agua dulce que es agua permeada (24) obtenida retirando un contenido de sal de la salmuera diluida (23) a la que se añade el ácido (21) y (ii) agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26);
- 45 llevar una parte (26-1) del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26) como agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26-1) al agua pretratada (13);
- descargar la parte restante (26-2) del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26) en un área de mar como agua concentrada de separación de membrana de descarga (26-2);
- 50 detectar concentraciones iónicas de iones divalentes e iones SO_4^{2-} del agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26-1); y
- ajustar la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana de descarga (26-2) que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua bruta (11) en respuesta a las concentraciones iónicas detectadas de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso, en el que
- 55 el agua producida (29) se obtiene combinando el agua evaporada (28) con el agua permeada (24); o
- (B) suministrar agua bruta (11);
- 60 filtrar un contenido turbio del agua bruta (11) para obtener agua pretratada (13);
- electrodializar el agua pretratada (13) para obtener salmuera concentrada (15) y salmuera diluida (20);
- 65 evaporar una parte de la salmuera concentrada (15) para obtener agua condensada (17) y agua evaporada (28);

secar el agua condensada (17) para obtener sal (18);

añadir ácido (21) a la salmuera diluida (20);

5 usando un aparato de separación de membrana de nanofiltración (41), retirar iones divalentes de la salmuera diluida (20) a la que se añade el ácido (21) para obtener agua tratada (24A) y agua concentrada de separación de membrana (26A);

10 usando un aparato de membrana de ósmosis inversa (25), producir (i) agua dulce (24B) que es agua permeada obtenida retirando un contenido de sal del agua tratada (24A) suministrada desde el aparato de separación de membrana de nanofiltración (41) y (ii) agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26B),

15 llevar la cantidad total del agua concentrada de separación de membrana enriquecida en sal (26B) desde el aparato de membrana de ósmosis inversa (25) al agua pretratada (13) como agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26B);

20 descargar la cantidad total del agua concentrada de separación de membrana (26A) del aparato de separación de membrana de nanofiltración (41) en un área de mar;

detectar concentraciones iónicas de iones divalentes e iones SO_4^{2-} del agua concentrada de separación de membrana de recirculación (26B);

25 ajustar la razón entre la cantidad de descarga del agua concentrada de separación de membrana de descarga (26A) que va a descargarse en un área de mar y la cantidad de suministro del agua bruta (11) en respuesta a las concentraciones iónicas detectadas de manera que estas concentraciones iónicas sean iguales o inferiores a la concentración de saturación de yeso, en el que

30 el agua producida (29) se obtiene combinando el agua evaporada (28) suministrada desde el evaporador (16) con el agua permeada (24) suministrada desde el aparato de membrana de ósmosis inversa (25).

FIG.1
APARATO DE COPRODUCCIÓN DE SAL Y AGUA DULCE
 10A

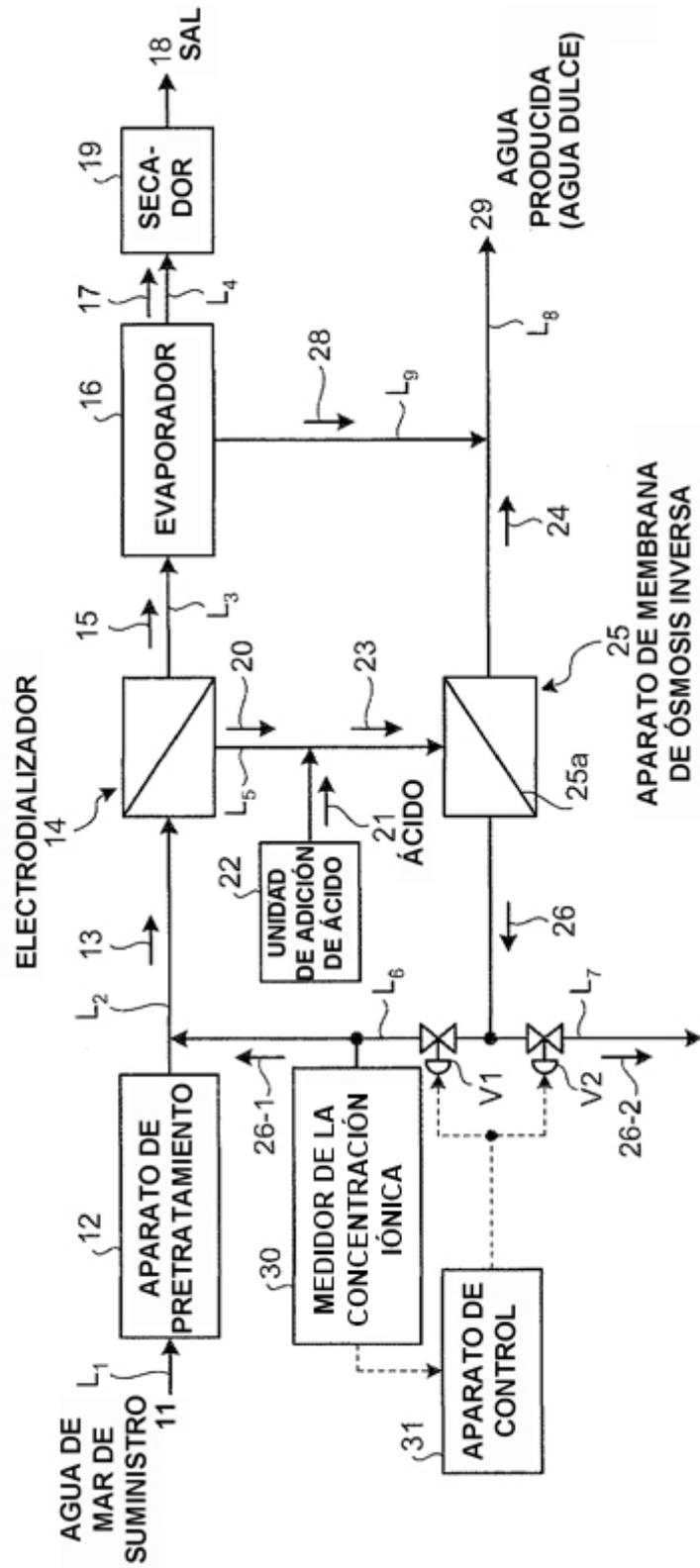


FIG.2

APARATO DE COPRODUCCIÓN DE SAL Y AGUA DULCE

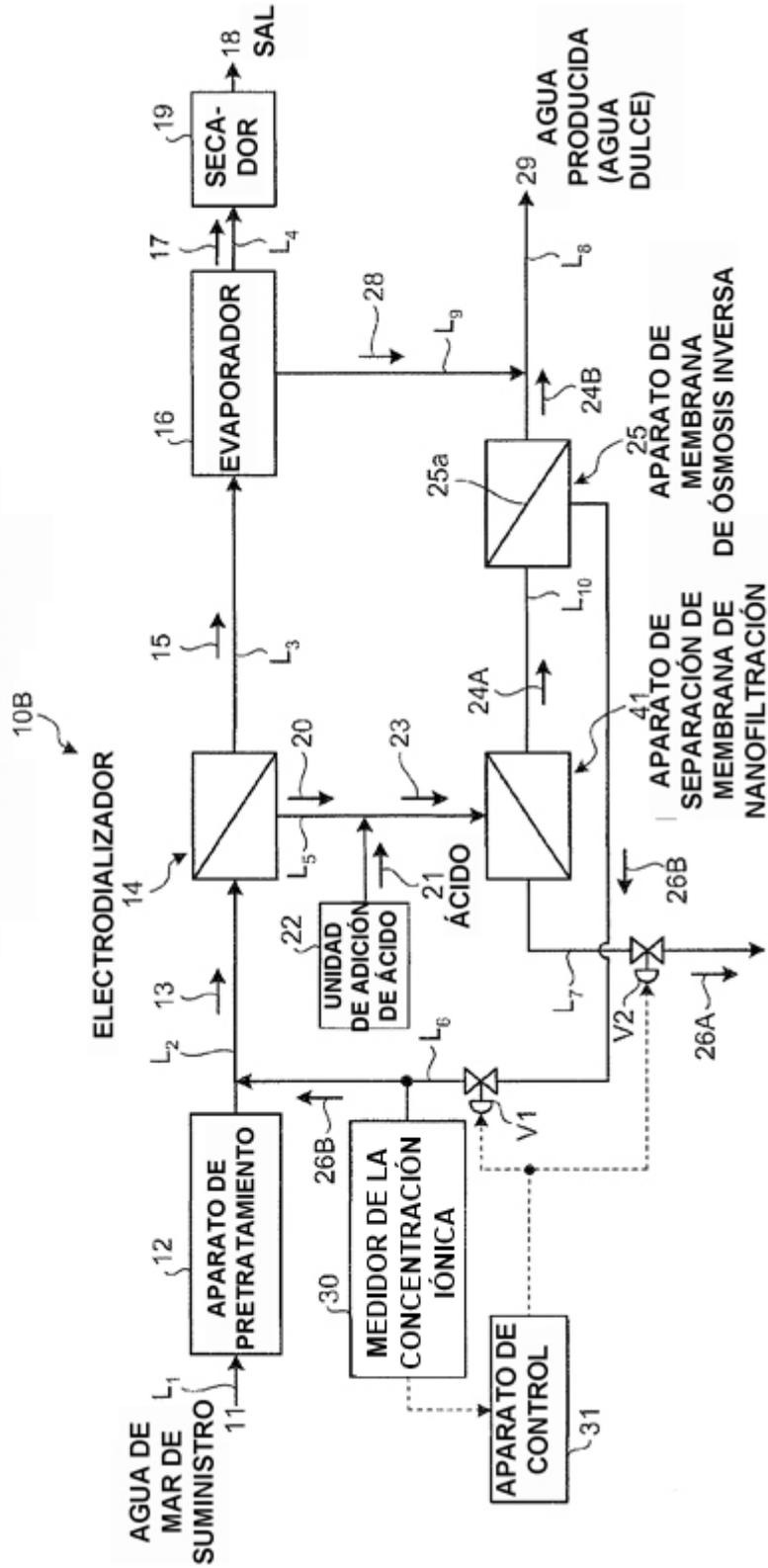


FIG.3
APARATO DE COPRODUCCIÓN DE SAL Y AGUA DULCE

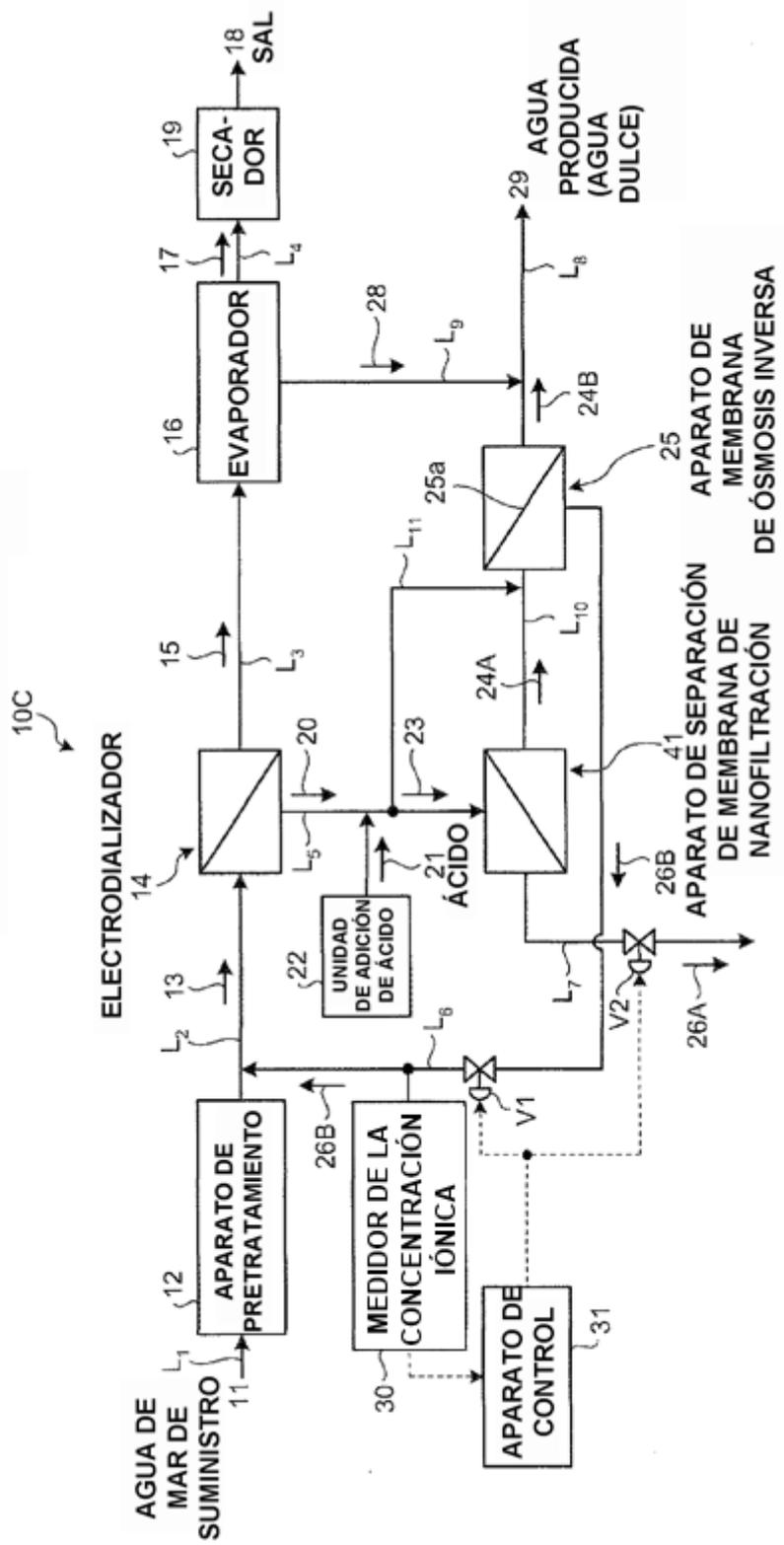


FIG.4

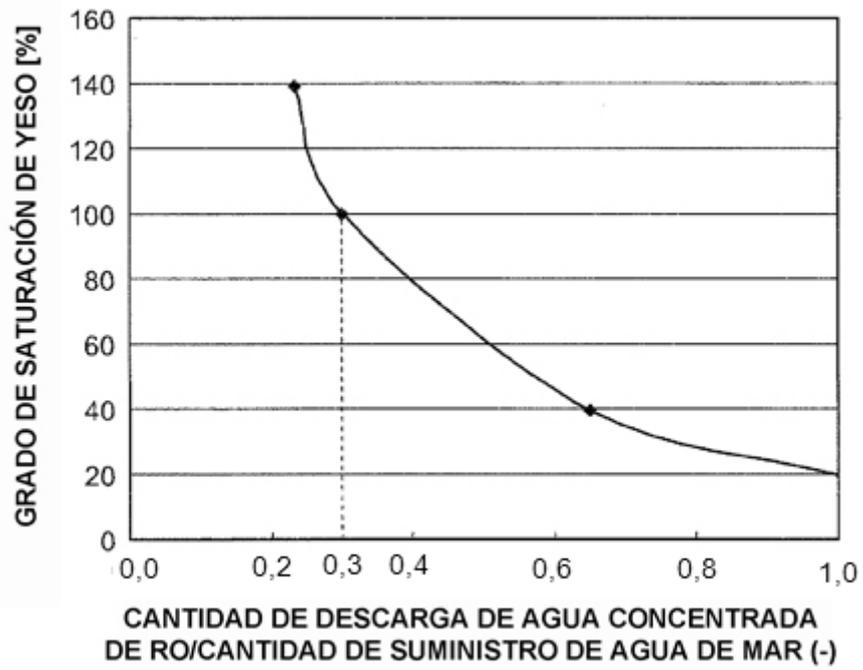


FIG.5

