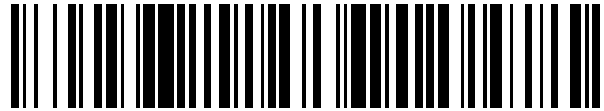


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 721**

51 Int. Cl.:

B01D 61/06 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2009 E 09787436 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013 EP 2310114**

54 Título: **Método para mejorar el rendimiento de un sistema de ósmosis inversa para desalación de agua de mar, y sistema de ósmosis inversa modificado obtenido a partir del mismo**

30 Prioridad:

09.07.2008 US 129652

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

13.02.2014

73 Titular/es:

**I.D.E. TECHNOLOGIES LTD. (100.0%)
Hamatechet Street P.O. Box 5016 Hasharon
Industrial Park
Kadima 60920, IL**

72 Inventor/es:

**LIBERMAN, BORIS;
HEFER, DAVID;
ILEVICKY-OZEL, MAYA y
FAIGON, MIRIAM**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 442 721 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

Método para mejorar el rendimiento de un sistema de ósmosis inversa para desalación de agua de mar, y sistema de ósmosis inversa modificado obtenido a partir del mismo

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas para el desalación de agua de mar, y en particular a dichos sistemas que usan ósmosis inversa (OI).

10

Antecedentes de la invención

Se conoce un proceso de ósmosis inversa (OI) para la desalación de agua de mar, que termina en la generación de un producto (permeado) y salmuera (concentrado) a partir de agua de mar, y en el que se usan bombas de alta presión para el suministro de agua de mar al sistema. El documento US 2007/0181473 A1 describe una instalación de desalación de agua para la desalación de agua de mar de acuerdo con el método de ósmosis inversa y que hace uso de una combinación de bomba de refuerzo y una turbina de Pelton para la recuperación de la energía en el concentrado. Normalmente, el componente más grande del coste de operación de dicho proceso es la energía necesaria para accionar las bombas de alta presión. La mayoría de la energía de presión del agua de alimentación que fluye hasta las membranas de OI abandona las membranas con el agua de rechazo de salmuera. Se han desarrollado un número de dispositivos para recuperar energía de presión a partir de la corriente de salmuera. Un ejemplo de dichos dispositivos es el dispositivo de recuperación de energía isobárico (ERD), que recibe la corriente de concentrado y el agua de mar nueva en las mismas cámaras y compensa la presión entre ellas. Dicho dispositivo normalmente aumenta la capacidad y la eficacia de operación máxima de los sistemas de desalación.

25

Sumario de la invención

De acuerdo con un aspecto de la presente invención tal y como se describe en la reivindicación 1, se proporciona un método para mejorar el rendimiento de un sistema convencional de ósmosis inversa para la desalación de agua de mar (AM), comprendiendo dicho sistema: una bomba de alta presión (AP) que tiene una entrada de bomba para recibir en su interior un suministro de AM que tiene un caudal de AM Q_w , y una bomba de salida para la descarga de dicho suministro de AM desde la misma, quedando dicha bomba igual que en el sistema convencional, tal como $P_{BOMBA'} = P_{BOMBA}$, siendo dicho caudal Q_w sustancialmente el mismo que en el sistema convencional, de manera que $Q_w' = Q_w$, pudiéndose operar dicha bomba por un motor y por medio de una turbina de Pelton que tiene una entrada de salmuera de turbina para recibir en el interior una salmuera que tiene un caudal de salmuera Q_B y una salida de salmuera de turbina para la descarga de dicha salmuera desde la misma; teniendo dicho motor una potencia P_{MOTOR} de operación convencional a la cual se mejora la bomba usada para la operación antes del rendimiento del sistema, y una potencia de operación máxima mayor que la potencia P_{MAX} de operación convencional; un dispositivo de membrana de ósmosis inversa (OI) que tiene una entrada de OI AM para recibir dicho suministro de AM en el interior, una salida de permeado OI para la descarga de un permeado a partir del mismo, que tiene un caudal de permeado Q_p , y una salida de salmuera de OI para la descarga de salmuera a partir del mismo de manera que $Q_w = Q_B + Q_p$; una tubería hidráulica de bomba para proporcionar comunicación fluida entre dicha salida de bomba y dicha entrada de AM OI; y una tubería hidráulica de turbina para proporcionar comunicación fluida entre dicha salida de salmuera de OI y dicha entrada de salmuera de turbina; comprendiendo además dicho sistema una adición de OI (19') al dispositivo (19) existente de membrana de OI; comprendiendo el método: operar el motor a una potencia de $P_{MOTOR'}$, en la que $P_{MOTOR'} > P_{MOTOR}$ y que satisface la condición de $P_{MOTOR'} \leq P_{MAX}$ calculando la potencia de la turbina como $P_{TURBINA'} = P_{BOMBA'} - P_{MOTOR'}$; el aumento de flujo de permeado Q_p' que resulta del mismo y que determina el aumento de tamaño de la adición (19') al dispositivo OI (19); proporcionar un dispositivo de recuperación de energía (DRE) que comprende una entrada de salmuera DRE, una salida de salmuera DRE, una entrada de AM DRE y una salida de AM DRE; dividir el flujo de salmuera nueva descargada a partir de dicha salida de salmuera de OI para dar lugar a un primer flujo de salmuera que se va a recibir en dicha entrada de salmuera de DRE y para su descarga a partir de dicha salida de salmuera de DRE, y un segundo flujo de salmuera que se va a recibir en dicha entrada de salmuera de turbina y para su descarga desde dicha salida de drenaje de turbina, teniendo dicho primer flujo de salmuera un primer caudal de salmuera Q_{B1} y teniendo dicho segundo flujo de salmuera un segundo caudal de salmuera Q_{B2} que es menor que dicho caudal Q_B de salmuera; en el que dicho flujo de salmuera a través de dicha turbina (17) se reduce en el sistema modificado con respecto al flujo de salmuera a través de la turbina del sistema de OI convencional, de manera que $Q_{B2} < Q_B$; aportar un suministro adicional de AM que se alberga en dicha entrada de AM DRE y para su descarga a partir de dicha salida de AM DRE, teniendo dicho suministro un caudal de suministro $Q_{ADICIONAL}$ sustancialmente igual a dicho primer caudal de salmuera Q_{B1} ; proporcionar una bomba de refuerzo que tiene una entrada de bomba de refuerzo para recibir en su interior dicho suministro adicional de AM a partir de dicha salida de AM DRE, y una salida de bomba de refuerzo para la descarga de dicho suministro adicional de AM desde la misma; proporcionar una tubería hidráulica de DRE para la comunicación fluida entre dicha tubería hidráulica de turbina y dicha entrada de salmuera DRE; proporcionar una primera tubería hidráulica de bomba de refuerzo para comunicación fluida entre dicha salida de AM DRE y dicha entrada de bomba de refuerzo; y proporcionar una segunda tubería hidráulica de bomba de refuerzo para la

65

comunicación fluida entre dicha salida de bomba de refuerzo y dicha tubería hidráulica de bomba.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de recuperación de energía OI obtenido por medio del método de la presente invención a partir del sistema OI convencional, como se ha descrito anteriormente.

Descripción de los dibujos

Con el fin de comprender la invención y de ver el modo de llevarla a cabo en la práctica, ahora se describen las realizaciones, a modo únicamente de ejemplos no limitantes, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema de OI convencional para desalación de agua de mar (AM);

La Figura 2 A y 2B ilustran esquemáticamente dos ejemplos de sistema de recuperación de energía de OI para desalación de agua de mar, diseñado de acuerdo con un método de la presente invención; y

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra el orden de determinación de los parámetros de los sistemas que se muestran en las Figuras 2A y 2B.

Descripción detallada de las realizaciones

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema de OI 11 convencional para desalación de agua de mar (AM), al que además se puede hacer referencia como sistema original 11, y que se explicará ahora de acuerdo con la presente invención, pudiéndose modificar este sistema para mejorar su rendimiento.

El sistema 11 comprende una bomba 13 de alta presión (AP) que tiene entrada de bomba 13a y una salida de bomba 13b, un motor 15, una turbina 17, tal como, por ejemplo, una turbina de Pelton, que tiene una entrada de turbina 17a y una salida de drenaje de turbina 17b, y un dispositivo de membrana de OI 19 que tiene una entrada de OI 19a, una salida de permeado de OI 19b y una salida de salmuera de OI 19c. El sistema 11 además comprende tuberías hidráulicas, concretamente, una tubería hidráulica de bomba 12 que proporciona una comunicación fluida entre la salida de bomba 13b y la entrada de OI 10a, y una tubería hidráulica de turbina 14 que proporciona comunicación fluida entre la salida de salmuera de OI 19c y la entrada de turbina 17a.

Durante la operación, se suministra AM que tiene un caudal de AM Q_W a la entrada de bomba 13a, presurizada por medio de la bomba 13 y se suministra al dispositivo de OI 19 por medio de la tubería hidráulica 12, en la que experimenta el proceso de desalado de OI, que se conoce de por sí, que no constituye un objeto de la presente invención y que por tanto no se describe con detalle en la presente memoria. Se descarga el agua de mar desalada, denominada como permeado P, que tiene un caudal de permeado Q_P , a partir de la salida de permeado 19b. Se descarga el agua salada concentrada, denominada como B, que tiene un caudal de salmuera Q_B , a partir de la entrada de salmuera de OI 19c, se suministra a la turbina 17 por medio de la tubería hidráulica 14 y se descarga desde la misma, con una presión reducida, a través de la salida de drenaje de turbina 17b. Los caudales anteriormente mencionados satisfacen la siguiente condición: $Q_W = Q_P + Q_B$.

Se adapta el motor 15 para ser operado en un intervalo predeterminado de potencia menor que una potencia superior máxima, P_{MAX} , a la cual el motor es susceptible de operación, aunque no se haya planificado. El intervalo predeterminado incluye una potencia normal, de manera que $P_{MOTOR} = P_{NORMAL}$, y una potencia de comienzo, de manera que $P_{MOTOR} = P_{COMIENZO}$, que satisface la condición siguiente $P_{NORMAL} < P_{COMIENZO} < P_{MAX}$, como se explica con más detalle a continuación.

Cuando el sistema 11 ya está en operación, se combina una potencia para la operación de la bomba P_{BOMBA} con una potencia del motor P_{MOTOR} y la potencia de turbina $P_{TURBINA}$, de manera que $P_{BOMBA} = P_{MOTOR} + P_{TURBINA}$. La contribución de la turbina 17 depende del caudal de salmuera suministrado a la misma. En esta condición, $P_{MOTOR} = P_{NORMAL}$.

Cuando el sistema se encuentra en la condición de inicio, la turbina 17 todavía se encuentra fuera de operación, ya que todavía no se ha suministrado salmuera a la misma. A continuación, el motor 15 es responsable del suministro de toda la potencia necesaria por medio de la bomba 13. Por tanto, el motor es operado a su potencia de comienzo $P_{COMIENZO}$, de manera que $P_{MOTOR} = P_{COMIENZO}$.

La Figura 2A ilustra esquemáticamente un ejemplo de sistema de recuperación de energía de OI 21 para desalación de agua de mar, diseñado de acuerdo con la presente invención como una modificación de un sistema de OI 11 original, y de este modo se denomina de manera adicional sistema modificado 21.

El sistema modificado 21 comprende componentes del sistema original 21 descrito anteriormente, concretamente, la bomba 13, el motor 15, la turbina 17, el dispositivo de OI 19 y las tuberías hidráulicas 12 y 14.

Además, el sistema modificado 21 comprende un dispositivo DRE de recuperación de energía isobárico 25 que tiene una entrada de salmuera DRE 25a, una salida de salmuera DRE 25b, una entrada de AM DRE 25c y una salida de AM DRE 25d, una bomba de refuerzo 27 que tiene una entrada de bomba de refuerzo 27a y una salida de bomba de refuerzo 27b, además de un dispositivo de OI 19 y cuatro tuberías hidráulicas adicionales 22, 24, 26 y 28. La tubería 22 es una tubería hidráulica de AM para el suministro al sistema de AM adicional (AMA) por medio de DRE, como se describe con detalle a continuación. La tubería 24 es una tubería hidráulica DRE, que proporciona comunicación fluida entre la tubería hidráulica de turbina 14 y la entrada de salmuera DRE 25a. La tubería 26 es una primera tubería hidráulica de bomba de refuerzo que proporciona comunicación fluida entre la salida de AM DRE 25b y la entrada de bomba de refuerzo 27a. La tubería 28 es una segunda tubería hidráulica de bomba de refuerzo que proporciona comunicación fluida entre la salida de bomba de refuerzo 27b y la tubería hidráulica de bomba 12.

Durante la operación, se suministra AM que tiene un caudal de AM Q_W a la entrada de bomba 13a, se presuriza por medio de la bomba 13 y posteriormente se suministra al dispositivo de OI 19 por medio de la tubería hidráulica 12, donde experimenta un proceso de desalación, como en el sistema original. Se descarga un permeado P que tiene un caudal Q_P desde la salida de permeado de OI 19b. Se descarga una salmuera B, que tiene un caudal Q_B , desde la salida de salmuera de OI 19c y se separa en una primera salmuera que tiene un caudal de Q_{B1} y una segunda salmuera que tiene un caudal Q_{B2} . La primera salmuera se suministra a DRE por medio de la tubería hidráulica 24 y se descarga a partir del mismo a través de la salida de salmuera DRE 25a. Se suministra la segunda salmuera a la turbina 17 por medio de la tubería hidráulica de turbina 14 y se descarga a través de la salida de drenaje de turbina 17b. Se suministra AMA que tiene un caudal $Q_{ADICIONAL}$ al DRE por medio de la tubería hidráulica 22 y posteriormente se descarga desde el mismo por medio de la tubería hidráulica 26, se presuriza por medio de la bomba de refuerzo 27 y se suministra a la tubería hidráulica de bomba 12 por medio de la tubería hidráulica 28 para su mezcla con AM nueva.

El DRE compensa las presiones entre la primera salmuera y el AMA. En particular, el DRE recibe la salmuera de alta presión y el AM de baja presión y por medio de un pistón 29 transfiere la presión desde la salmuera hasta el AM, lo que se describe en los Antecedentes de la Invención y se conoce de por sí. Por tanto, debido al balance de masa, el caudal de la primera salmuera Q_{B1} suministrado al DRE y el caudal $Q_{ADICIONAL}$ del AMA son sustancialmente iguales.

La bomba de refuerzo 27 es una bomba de succión de alta presión que compensa la tubería hidráulica de la bomba 12, las pérdidas de presión ocurridas en el dispositivo de OI 19 y del DRE 25, en comparación con la presión original de la entrada de OI 19a.

Se requiere la adición 19' al dispositivo de OI 19 debido a que el flujo a través del dispositivo de OI 19 ha aumentado con respecto al del sistema original. La capacidad filtrante de esta adición debería ser suficiente para proporcionar la filtración del agua de mar que tiene un caudal de al menos $Q_{ADICIONAL}$.

La expansión del dispositivo de OI por medio de la adición 19' se puede conseguir por medio de la adición de nuevas membranas al dispositivo de OI existente, como se muestra en la Figura 2A o por medio de adición de otro dispositivo OI al sistema, como se muestra en la Figura 2B. En el último caso, se pueden proporcionar tuberías hidráulicas adicionales.

El diseño del sistema modificado 21 se basó en las siguientes consideraciones y condiciones. La primera condición es un aumento de la cantidad de permeado, de manera que $Q_{P'} > Q_P$. La segunda condición es una disminución en la energía suministrada por la turbina 17 al motor 15, de manera que $P_{TURBINA} < P_{TURBINA'}$. Como se ha mencionado anteriormente, la energía suministrada por la turbina depende del flujo de salmuera suministrada a la misma. Por tanto, se tiene que reducir el flujo de salmuera a través de la turbina 17 del sistema modificado 21 con respecto al flujo a través de la turbina 17 del sistema original 11, de manera que $Q_{B2} < Q_B$. En el sistema modificado 21, el motor 15 tiene que compensar la energía previamente suministrada por la turbina, para permitir que la bomba 13 opere de la misma forma que en el sistema original 11. Por consiguiente, se tiene que aumentar la energía de operación P_{MOTOR} del motor 15, de manera que $P_{MOTOR'} > P_{MOTOR}$.

De este modo, el método de modificación estuvo formado por las siguientes dos etapas principales:

- (a) añadir nuevos componentes al sistema original 11, concretamente, el DRE 25, la bomba de refuerzo 27, la adición 19' al dispositivo de OI 19 y las tuberías hidráulicas 22, 24, 26 y 28; y
- (b) determinar y calcular los parámetros siguientes del sistema modificado 21; potencial $P_{MOTOR'}$, P_{BOMBA} y $P_{TURBINA'}$ y los caudales $Q_{W'}$, $Q_{P'}$, Q_{B1} , Q_{B2} y $Q_{ADICIONAL}$.

Se hace referencia a la Figura 3, que es un diagrama de bloques que describe la determinación de los parámetros. Normalmente, $P_{BOMBA'}$ es igual a P_{BOMBA} , ya que la bomba 13 permanece igual que en el sistema original 11. Por tanto, el caudal a lo largo del mismo también permanecerá igual que en el sistema original 11, es decir, $Q_{W'} = Q_W$. P_{MOTOR} aumenta de manera que $P_{MOTOR'} > P_{MOTOR}$ y cumpla la siguiente condición: $P_{NORMAL} < P_{MOTOR'} \leq P_{MAX}$. Normalmente, $P_{MOTOR'}$ no será mayor que $P_{COMIENZO}$.

ES 2 442 721 T3

Una vez que se determinan $P_{BOMBA'}$ y $P_{MOTOR'}$, se calcula $P_{TURBINA'}$ a partir de $P_{TURBINA'} = P_{BOMBA'} - P_{MOTOR'}$. $P_{TURBINA'}$ depende del flujo de salmuera a lo largo del mismo. Por tanto, se determinan Q_{B2} y Q_{B1} .

5 Se determina la capacidad de DRE en base al flujo suministrado al mismo. Por tanto, una vez que se calcula Q_{B1} , se define $Q_{ADICIONAL}$ para que sea sustancialmente igual al mismo y se escoge el dispositivo DRE para que se adapte a los caudales anteriores.

10 En base a las tasas anteriores se calcula $Q_{P'}$, basándose en que se determina el tamaño de la adición 19' al dispositivo de OI 19.

15 El sistema modificado 21 tiene un rendimiento mejorado con respecto al sistema original 11. En primer lugar, aumenta la cantidad de permeado, de manera que $Q_{P'} > Q_P$. En segundo lugar, se mejora la eficacia del sistema. El motivo para ello es que, debido a que la turbina 17 tiene una eficacia baja con respecto a los otros componentes del sistema, y el flujo a través de la misma sufre elevadas pérdidas de energía, cuanto menor sea el flujo a través de la misma, menores son las pérdidas. En el sistema modificado, se disminuye el flujo de salmuera a través de la turbina debido a que $Q_{B2} < Q_B$. Por consiguiente, se disminuyen las pérdidas de energía provocadas por la turbina 17. Al mismo tiempo, se suministra parte del flujo, es decir, la segunda salmuera con el caudal Q_{B1} al DRE 25, que es más eficaz que la turbina 17.

20 Debe apreciarse que todo lo anterior se logra únicamente por medio de la adición de dos nuevos componentes al sistema original, es decir, el DRE y la adición de OI 19' y algunas tuberías hidráulicas, sin necesidad de sustitución de ninguno de los componentes inductores del sistema original 19.

25 Ejemplo

En el sistema original 11:

Se calcula el requisito de potencial de la bomba como se muestra a continuación:

$$30 P_{BOMBA} = \frac{Q_W \cdot TDH_{BOMBA}}{36 \cdot E_{BOMBA}}$$

en la que TDH_{BOMBA} es la carga dinámica total de la bomba, y E_{BOMBA} es la eficacia de la bomba. Los valores de los parámetros anteriores usados en el presente ejemplo son

$$35 Q_W = 800 \frac{m^3}{h}$$

$$TDH_{BOMBA} = 65 \text{ BARG}$$

$$40 E_{BOMBA} = 84 \%$$

$$P_{BOMBA} = \frac{800 \cdot 65}{36 \cdot 0,84} = 1719,6 \text{ kW}$$

La potencia suministrada por la turbina se calcula como se muestra a continuación:

$$45 P_{TURBINA} = \frac{Q_B \cdot TDH_{TURBINA}}{36} \cdot E_{TURBINA}$$

$$Q_B = Q_W - Q_P$$

50 en la que $DHT_{TURBINA}$ es la carga dinámica total de la turbina, y $E_{TURBINA}$ es la eficacia de turbina. Los valores de los parámetros anteriores son:

$$Q_P = 0,48 Q_W = 384 \frac{m^3}{h} \rightarrow Q_B = 800 - 384 = 416 \frac{m^3}{h}$$

$$TDH_{TURBINA} = 70 \text{ BARG}$$

$$55 E_{TURBINA} = 87 \%$$

$$P_{TURBINA} = \frac{416 \cdot 70}{36} \cdot 0,87 = 703,7 \text{ kW}$$

60 La energía suministrada por el motor se calcula como se muestra a continuación:

ES 2 442 721 T3

$$P_{MOTOR} = P_{BOMBA} - P_{TURBINA} = 1719,6 - 703,7 = 1015,9 \text{ kW}$$

En el sistema modificado 21:

5 $P_{BOMBA} = P_{BOMBA}'$

La energía suministrada por el motor es:

$$P_{MOTOR} = 1300 \text{ kW}$$

10 La energía suministrada por la turbina es:

$$P_{TURBINA} = P_{BOMBA} - P_{MOTOR} = 1719,6 - 1300 = 419,6 \text{ kW}$$

15 El caudal de salmuera a través de la turbina es:

$$Q_{B2} = \frac{P_{TURBINA}}{TDH_{TURBINA} \cdot E_{TURBINA}} \cdot 36 = \frac{419,6}{70 \cdot 0,87} \cdot 36 = 248 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

El caudal de salmuera a través de DRE se calcula como se muestra a continuación:

20 $Q_B + 0,52 Q_{ADICIONAL} = Q_{B1} + Q_{B2}$

$$\begin{aligned} Q_{ADICIONAL} &= Q_{B1} \\ \Rightarrow 416 + 0,52 \cdot Q_{B1} &= Q_{B1} + 248 \\ \Rightarrow Q_{B1} &= 350 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \end{aligned}$$

25 El caudal de permeado es:

$$Q_{P'} = Q_P + 0,52 Q_{ADICIONAL} = 384 + 0,48 \cdot 350 = 552 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

30 Las mejoras del sistema modificado 21, como se ha comentado anteriormente, se muestran claramente en el ejemplo anterior. $Q_P = 384 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ y $Q_{P'} = 552 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$, por tanto, $Q_{P'} > Q_P$. Además, el flujo de salmuera a través de la turbina 17 en el sistema modificado 21 ($Q_{B2} = 248 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$), es menor que el flujo de salmuera a través de la turbina 17 en el sistema original 11 ($Q_B = 416 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$). Por tanto, se suministra menos energía por medio de la turbina ($P_{TURBINA}' < P_{TURBINA}$) y se provocan menores pérdidas de energía.

35 Los expertos en la técnica a la cual pertenece la presente invención apreciarán fácilmente que se pueden llevar a cabo numerosos cambios, variaciones y modificaciones si alejarse del alcance de la invención.

40

REIVINDICACIONES

1. Un método para mejorar el rendimiento de un sistema de ósmosis inversa (11) convencional para desalación de agua de mar (AM), comprendiendo dicho sistema (11):

- 5 una bomba de alta presión (AP) (13) que tiene una entrada de bomba (13a) para recibir en el interior de la misma un suministro de AM que tiene un caudal de AM Q_W y una salida de bomba para la descarga de dicho suministro de AM desde la misma, quedando dicha bomba igual que en el sistema convencional, de manera que $P_{BOMBA'} = P_{BOMBA}$, quedando dicho caudal Q_W sustancialmente igual que en el sistema convencional, de manera que $Q_W' = Q_W$, pudiéndose operar dicha bomba (13) por medio de un motor (15) y una turbina de Pelton (17) que tiene una entrada de turbina (17a) para recibir en el interior de la misma una salmuera que tiene un caudal Q_B y una salida (17b) de salmuera de turbina para la descarga de dicha salmuera desde la misma; teniendo dicho motor (15) una potencia P_{MOTOR} de operación convencional a la cual se suele operar la bomba antes de que se mejore el rendimiento del sistema, y una potencia de operación máxima más elevada que la potencia de operación convencional P_{MAX} ;
- 10 un dispositivo de membrana de ósmosis inversa (OI) (19) que tiene una entrada de AM OI (19a) para recibir en el interior del mismo dicho suministro de AM, una salida de permeado de OI (19b) para la descarga desde el mismo de un permeado que tiene un caudal de permeado Q_P , y una salida de salmuera de OI (19c) para la descarga de dicha salmuera desde el mismo, de manera que $Q_W = Q_B + Q_P$; una tubería hidráulica de bomba (12) para proporcionar comunicación fluida entre dicha salida de bomba (13b) y dicha entrada de AM de OI (19a); y una tubería hidráulica de turbina (14) para proporcionar comunicación fluida entre dicha salida de salmuera de OI (19c) y dicha entrada de salmuera de turbina (17a); comprendiendo además dicho sistema una adición de OI (19') al dispositivo existente de membrana de OI (19); comprendiendo el método
- 25 operar el motor (15) a una potencia $P_{MOTOR'}$, en la que $P_{MOTOR'} > P_{MOTOR}$; y que cumple la condición $P_{MOTOR'} \leq P_{MAX}$;
- calcular la potencia de la turbina como $P_{TURBINA'} = P_{BOMBA'} - P_{MOTOR'}$;
- resultando el aumento de flujo del permeado Q_P de determinar el aumento de tamaño de la adición (19') al dispositivo de OI (19);
- 30 proporcionar un dispositivo de recuperación de energía (DRE) (25) que comprende una entrada de salmuera DRE (25a), una salida de salmuera DRE (25b), una entrada de AM DRE (25c) y una salida de AM DRE (25d); dividir el nuevo flujo de salmuera descargado desde dicha salida de salmuera de OI (19c) en un primer flujo de salmuera para ser recibido en dicha entrada de salmuera DRE (25a) y para que se descargue desde dicha salida de salmuera DRE (25b), y un segundo flujo de salmuera para ser recibido en dicha entrada de salmuera de turbina (17a) y para que se descargue desde dicha salida de drenaje de turbina (17b), teniendo dicho primer flujo de salmuera un primer caudal de salmuera Q_{B1} y teniendo dicho segundo flujo de salmuera un segundo caudal de salmuera Q_{B2} que es menor que dicho caudal de salmuera Q_B , en el que dicho flujo de salmuera a través de dicha turbina (17) se reduce en el sistema modificado con respecto al flujo de salmuera a través de la turbina en el sistema de OI convencional, de manera que $Q_{B2} < Q_B$;
- 40 aportar un suministro adicional de AM para ser recibido en dicha entrada de AM DRE (25c) y para que se descargue desde dicha salida de AM DRE (25d), teniendo dicho suministro un caudal de suministro $Q_{ADICIONAL}$ sustancialmente igual a dicho primer caudal de salmuera Q_{B1} ;
- proporcionar una bomba de refuerzo (27) que tiene una entrada de bomba de refuerzo (27a) para recibir en su interior dicho suministro adicional de AM desde dicha salida de AM DRE (25d), y una salida de bomba de refuerzo (27b) para la descarga desde la misma de dicho suministro de AM adicional;
- 45 proporcionar una tubería hidráulica DRE (24) para comunicación fluida entre dicha tubería hidráulica de turbina (14) y dicha entrada de salmuera DRE (25a);
- proporcionar una primera tubería hidráulica de bomba de refuerzo (26) para comunicación fluida entre dicha salida de AM DRE (25d) y dicha entrada de bomba de refuerzo (27a); y
- 50 proporcionar una segunda tubería hidráulica de bomba de refuerzo (28) para comunicación fluida entre dicha salida de bomba de refuerzo (27b) y dicha tubería hidráulica de bomba (12).

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que añade además a dicho dispositivo de OI nuevas membranas para el suministro a las mismas de AM que tiene un caudal al menos igual a $Q_{ADICIONAL}$.

55 3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, que además añade a dicho sistema un dispositivo de OI adicional para suministrar al mismo AM que tiene un caudal al menos igual a $Q_{ADICIONAL}$.

60 4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que además comprende producir un nuevo permeado descargado desde dicha salida de permeado de OI, teniendo dicho nuevo permeado un nuevo caudal de permeado Q_P' al menos igual a dicho caudal de permeado Q_P .

65 5. Un sistema de recuperación de energía de OI (21) obtenido por medio de un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, a partir de OI convencional para desalación de agua de mar (AM) (11).

6. El sistema de ósmosis inversa (OI) (21) de la reivindicación 5, en el que el caudal de suministro $Q_{ADICIONAL}$ es

sustancialmente igual al primer caudal de salmuera Q_{B1} .

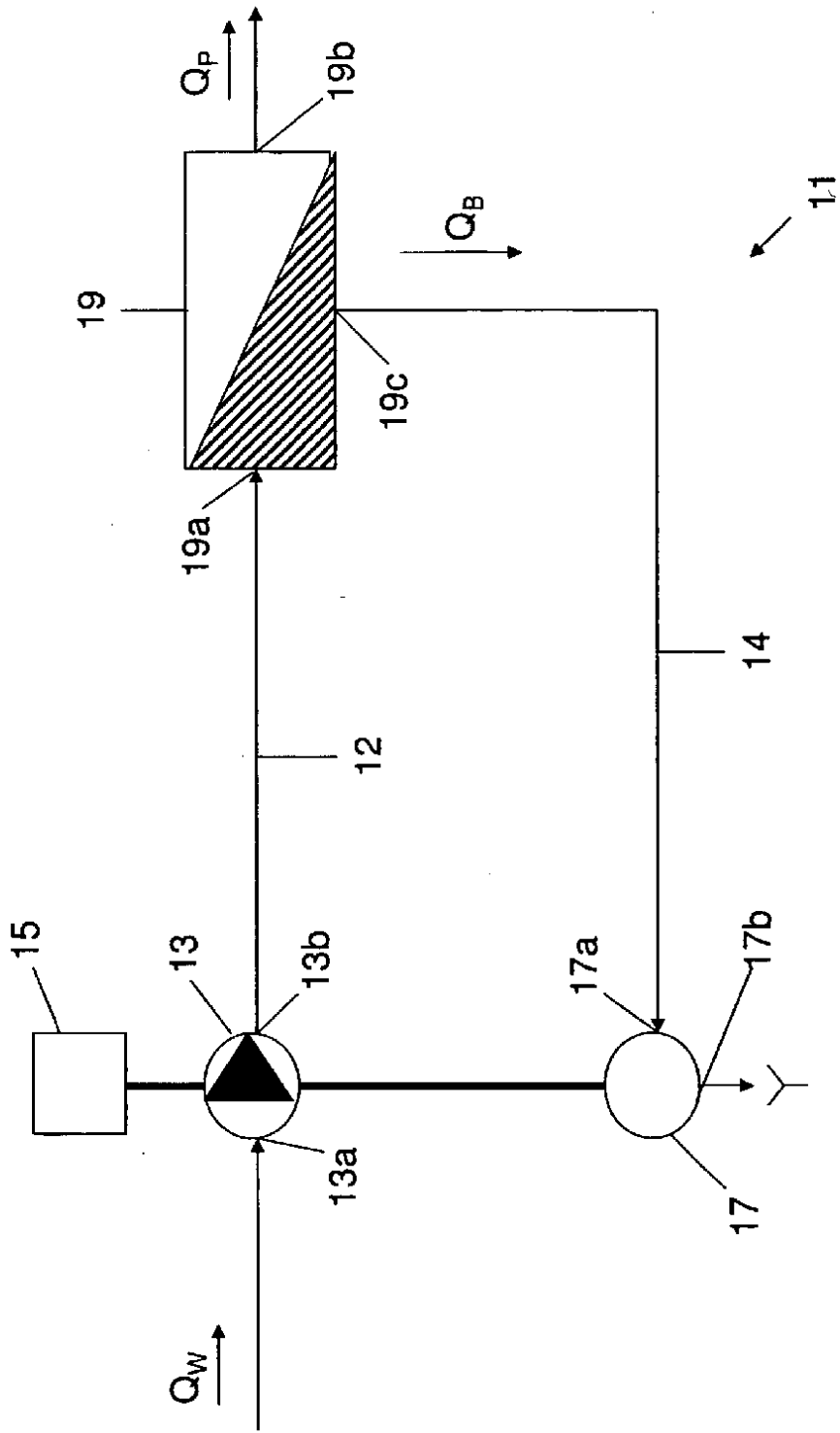


Figura 1 (Técnica Anterior)

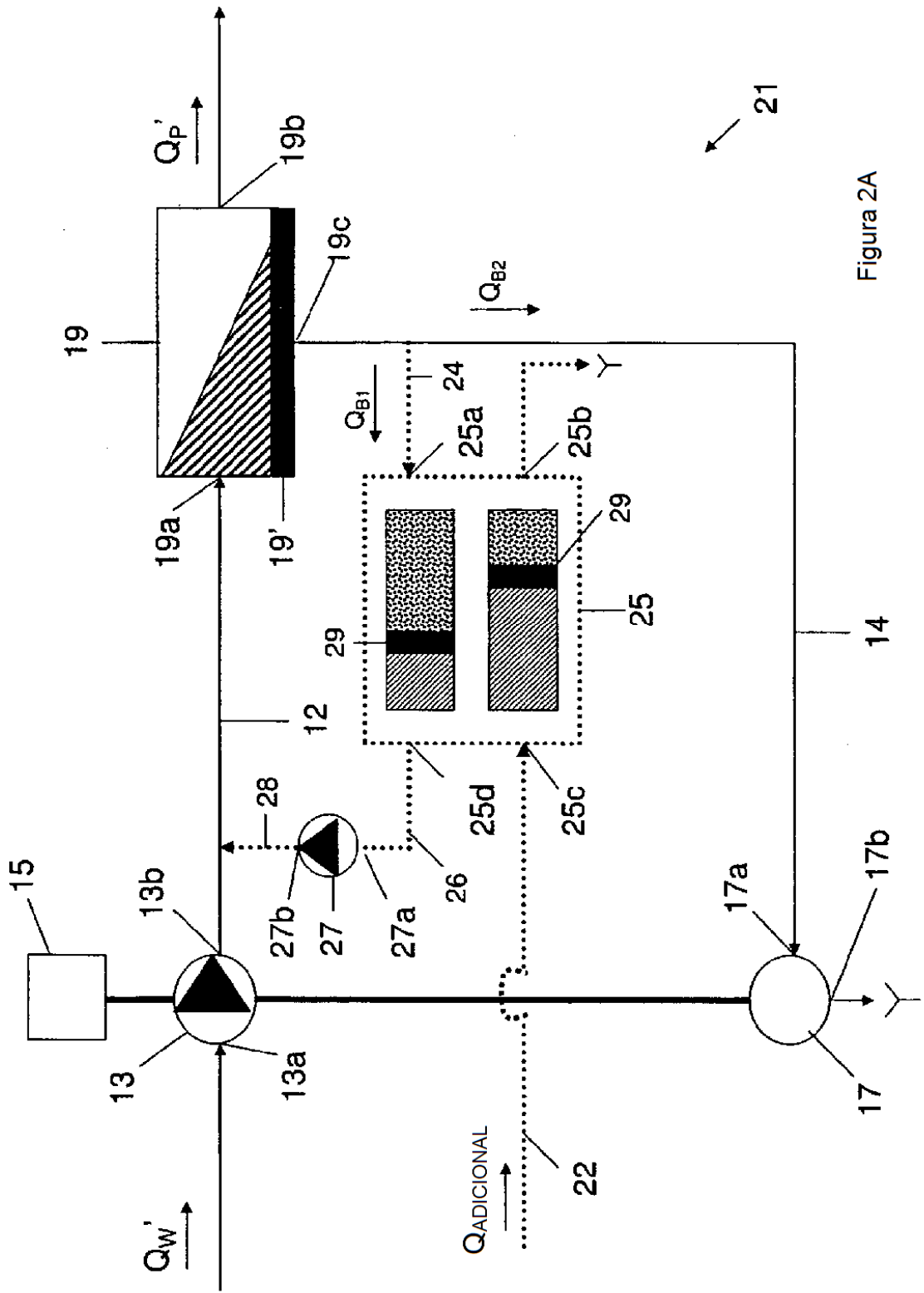


Figura 2A

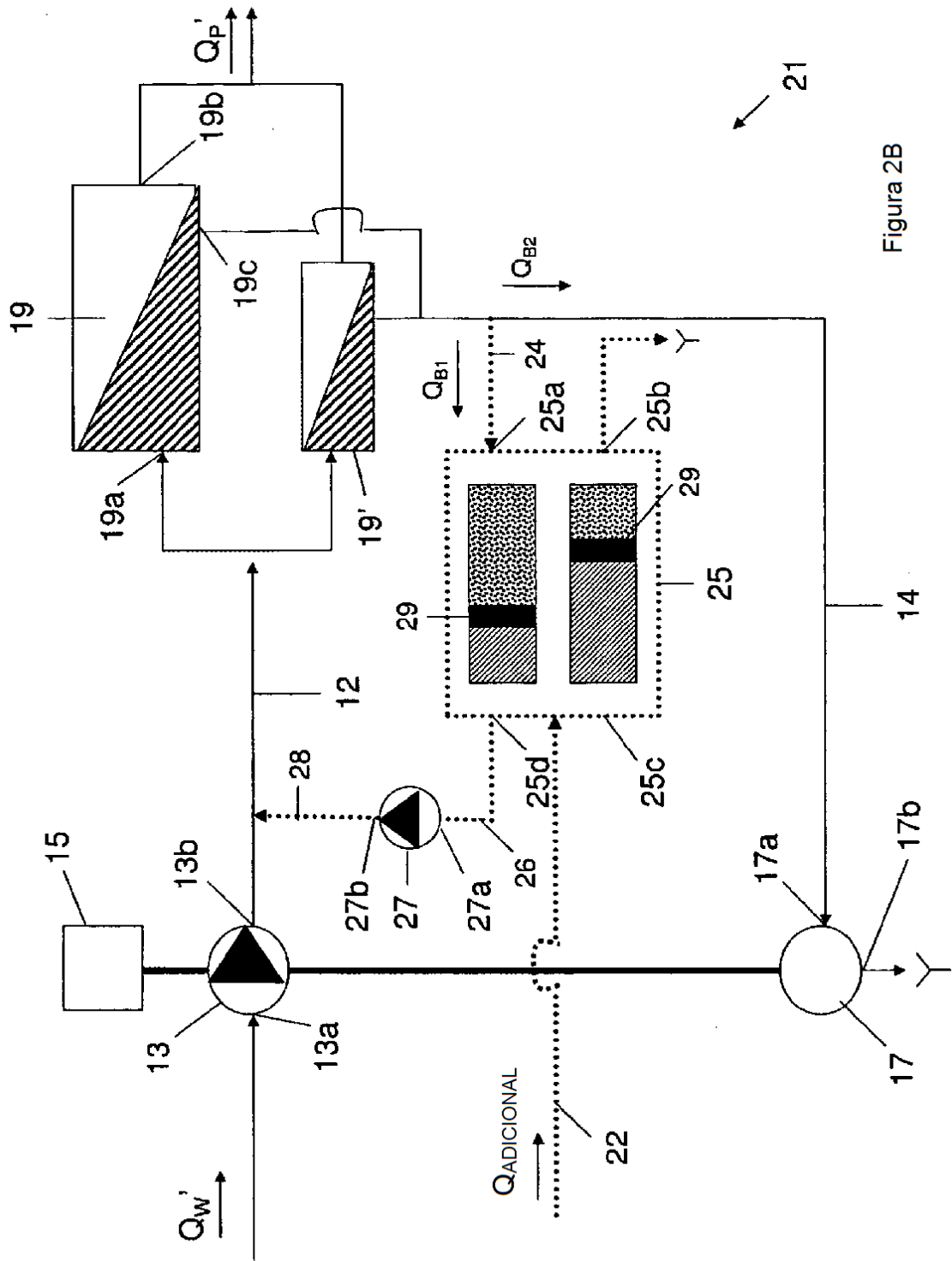


Figura 2B

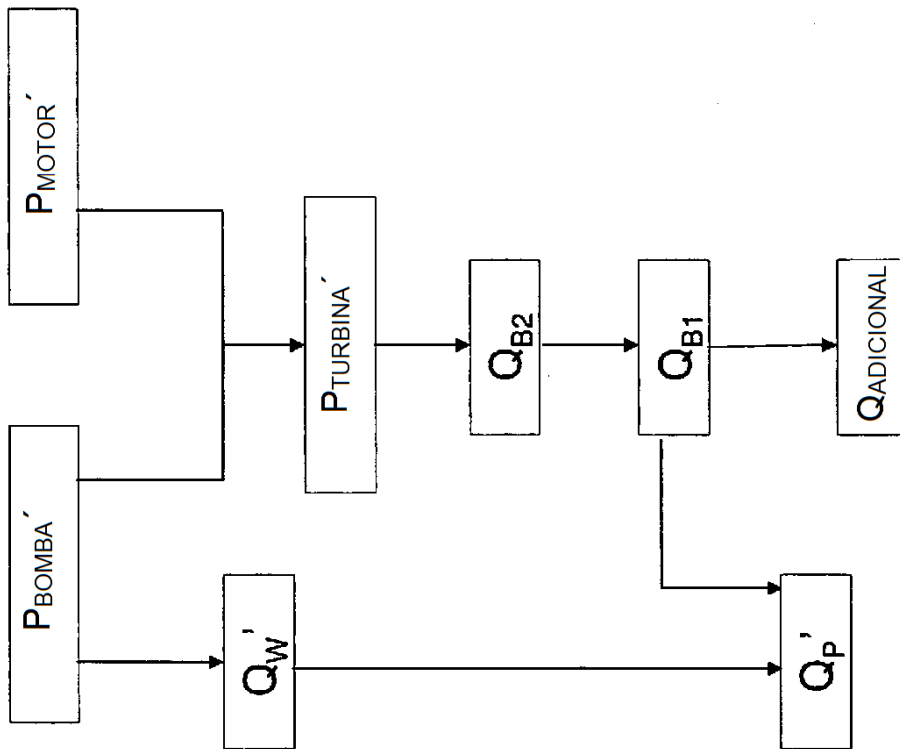


Figura 3