

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 343**

51 Int. Cl.:

**F01K 27/00** (2006.01)  
**B01D 61/02** (2006.01)  
**B01D 61/08** (2006.01)  
**B01D 61/10** (2006.01)  
**C02F 1/44** (2006.01)  
**F03G 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2007 E 07762127 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2021586**

54 Título: **Sistema híbrido RO/PRO**

30 Prioridad:

**12.05.2006 US 747153 P**

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

**08.05.2015**

73 Titular/es:

**ENERGY RECOVERY, INC. (100.0%)  
1717 Doolittle Drive  
San Leandro, California 94577, US**

72 Inventor/es:

**STOVER, RICHARD L. y  
PIQUE, GONZALO G.**

74 Agente/Representante:

**COBO DE LA TORRE, María Victoria**

**ES 2 535 343 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**

Sistema híbrido RO/PRO

5 (0001) Esta invención hace referencia a sistemas para emplear membranas semipermeables en un dispositivo de tal manera que la presión osmótica conduce el agua a través de la membrana desde una solución diluida a una solución concentrada en un modo PRO de funcionamiento para generar energía, y de tal modo que cuando la presión hidráulica se usa para superar la diferencia de presión osmótica a través de la membrana en un modo RO de funcionamiento, se produce un flujo de agua de alta calidad a través de la membrana.

10

**Antecedentes de la invención**

15 (0002) La Patente de E.E.U.U. nº 3,906,250 de Sidney Loeb manifestó el concepto básico del uso de líquidos de diferentes presiones osmóticas para generar energía, proponiendo que combinaciones tales como agua de mar y agua fresca, o cuerpos altamente salino (como el Mar Muerto) y agua de mar, así como también otras parejas de líquidos similares, pueden ser aspirantes para semejante programa de generación de energía renovable. Este proceso ha llegado a ser conocido como Presión Retardada Osmosis (PRO). En la patente de Loeb, se describieron varios sistemas que pueden ser empleados cuando semejantes fuentes naturales de líquidos con dos presiones osmóticas ampliamente diferentes no estaban disponibles. La Patente de E.E.U.U. nº 3,978,344 describe un sistema PRO en el que el líquido de alta concentración en sal, de alta presión, ahora diluido, fue descargado a través de toberas para hacer funcionar turbinas.

20

25 (0003) Desde entonces se han emitido múltiples patentes de E.E.U.U. y se han escrito artículos describiendo cómo los sistemas PRO pueden ser usados ventajosamente como fuente de energía renovable para generar energía, por ejemplo, energía eléctrica, empleando fuentes de agua disponible naturalmente de concentración de sal ampliamente variables, o empleando las corrientes de descargas disponibles de instalaciones industriales o municipales, tales como efluentes de tratamientos residuales. Ver, por ejemplo, Producción de Energía en el Mar Muerto por Presión Retardada Osmosis: Reto ó Quimera por Sidney Loeb, 15 de Julio 1998, Desalinización 120 (1998) 247-262; Patente de E.E.U.U. nº 6,185,940 B1 emitida el 13 de Febrero, 2001 en Prueitt; Publicación de Patente Internacional nº WO02/13955 A1 publicada el 21 de Febrero de 2002 en Statkraft SF; y Publicación de Patente Internacional nº WO2005/017352 A1 publicada el 24 de Febrero de 2005 en la Universidad de Surrey. Sin embargo, a pesar de la conveniencia de semejantes sistemas propuestos, y a pesar del hecho de que las instalaciones de gran escala de osmosis inversa (RO) para crear agua fresca del agua de mar o fuentes de agua salina están en un uso creciente en todo el mundo, estos sistemas PRO no han llegado a ser comerciales. Se cree que el gran coste de capital involucrado para construir una planta ha disuadido la aceptación comercial de semejantes sistemas como una alternativa a otras fuentes de generación de energía renovable, que han demostrado tener un historial. Como resultado, ha continuado la búsqueda de medios para crear sistemas PRO de forma comercialmente más atractiva.

30

35

**Resumen de la invención**

40 (0004) Se ha descubierto que, diseñando una instalación que puede operar tanto como generador RO de agua fresca, o como generador de energía PRO, resultan ventajas sorprendentes que se espera que aporten oportunidades comerciales para dichas instalaciones. Por la presente, se proporciona semejante sistema que puede operar eficientemente y económicamente tanto en un modo RO como en un modo PRO; se hace referencia al mismo como sistema híbrido RO/PRO, porque en ambos modos de funcionamiento, se usan el mismo depósito de elementos de membrana y el mismo equipo, en donde habrá un flujo de agua a través de una membrana semipermeable entre dos cuerpos de distinta concentración en sal. En una ejecución preferida, la eficiencia en conjunto de un sistema semejante es realizada mediante la incorporación de un dispositivo de transferencia de presión rotativa, que proporciona un control simplificado total del sistema y presuriza muy eficientemente una corriente de alimentación salina, que se suministra a los elementos o cartuchos de material de membrana semipermeable en cualquier modo.

45

50

55 (0005) En un aspecto particular, la invención proporciona un sistema para producir agua de alta calidad a partir de agua salina o producir energía a partir de dos corrientes acuosas de diferentes concentraciones de sal, cuyo sistema comprende un elemento de membrana semipermeable capaz de funcionar en un modo RO o en un modo PRO, cuyo elemento tiene una primera sub-cámara y una segunda sub-cámara separadas por un material de membrana semipermeable, dicho elemento teniendo también una entrada y una salida conectadas a dicha primera sub-cámara y, el primer y el segundo puertos conectados a dicha segunda sub-cámara, un generador de energía de hidroturbina, el primer medio de conducto que conecta dicha salida de dicha primera sub-cámara de dicho elemento a la mencionada hidroturbina, medio para conducir una corriente de alimentación líquida de agua de alta concentración en sal de una fuente de semejante agua salina bajo alta presión que incluye un segundo conducto que conduce a dicha entrada de la primera sub-cámara, el tercer medio de conducto que tiene una primera y una segunda bifurcación conectadas a dicho primer puerto de dicha segunda sub-cámara, medio para suministrar agua de baja concentración en sal a dicha segunda sub-cámara a través de dicha primera bifurcación, mientras que dicha segunda bifurcación sirve como tubo de descarga para el permeado acuoso, medio para extraer parte del agua de baja concentración en sal de dicho segundo puerto de dicha segunda sub-cámara para conseguir un flujo de arrastre a lo largo de dicho material de membrana semipermeable, y un medio de control para hacer funcionar el mencionado

60

65

sistema en un modo PRO de producción de energía, en el que dicha primera bifurcación conecta operativamente dicho medio de suministro de agua de baja concentración en sal a dicho primer puerto de dicha segunda cámara, o en un modo RO de producción de agua de alta calidad, en el que dicha segunda bifurcación de descarga está operativamente conectada a dicha segunda sub-cámara para el flujo del permeado a través de la misma.

(0006) En otro aspecto particular, un método para, alternativamente, producir agua de alta calidad a partir de agua salina en un modo RO ó para producir energía a partir de dos corrientes acuosas de diferentes concentraciones en sal en un modo PRO, cuyo método comprende los pasos de proporcionar un elemento de separación de membrana semipermeable capaz de funcionar en el modo RO ó en el modo PRO, cuyo elemento tiene dos sub-cámaras que están separadas por material de membrana semipermeable, y un par de puertos conectados respectivamente a cada mencionada sub-cámara; en el modo PRO: proporcionando una corriente líquida de entrada de una solución acuosa de alta concentración en sal bajo una presión que no es mayor que alrededor del 90% de la diferencia de la presión osmótica entre las dos mencionadas corrientes acuosas a una de las mencionadas sub-cámaras, proporcionando una corriente de líquido de entrada de una solución acuosa de baja concentración en sal a la otra de las mencionadas sub-cámaras de dicho elemento bajo baja presión, extrayendo una cantidad igual a al menos alrededor del 10% del flujo de entrada de dicha corriente de baja concentración en sal desde la otra mencionada sub-cámara para evitar la polarización de concentración de sal adyacente a dicho material de membrana semipermeable, y suministrando al menos parte de una corriente líquida de volumen aumentado que sale de dicha sub-cámara a un generador de energía de hidroturbina; y en el modo RO: proporcionando una corriente de líquido continua de una solución acuosa de alta concentración en sal bajo una presión de al menos alrededor de 48.3 bar (700 psig) a una sub-cámara de dicho elemento de membrana semipermeable, extrayendo una corriente continua de permeado acuoso desde la otra sub-cámara de dicho elemento de membrana semipermeable, extrayendo una corriente continua de agua salada desde la sub-cámara igual a un volumen de al menos alrededor del 40% del volumen de corriente de entrada, y (a) dirigiendo la mencionada corriente de agua salada extraída a la hidroturbina, y/o (b) transfiriendo la presión de la corriente de agua salada extraída para elevar la presión de dicho líquido de alta concentración en sal que es provista a la sub-cámara.

(0007) En otro aspecto particular, la invención proporciona un método para alternativamente producir agua de alta calidad a partir de agua salina en un modo RO, ó para producir energía a partir de dos corrientes acuosas de diferentes concentraciones de sal en un modo PRO, cuyo método comprende los pasos de proporcionar un elemento de separación de membrana semipermeable, capaz de funcionar en un modo RO ó en un modo PRO, cuyo elemento tiene una primera y una segunda sub-cámara de líquido que están separadas por un material de membrana semipermeable, y pares de puertos están conectados respectivamente a cada mencionada sub-cámara; proporcionando un dispositivo de transferencia de presión líquida rotativa que tiene un puerto de entrada de alta presión, un puerto de entrada de baja presión, un puerto de salida de alta presión y un puerto de salida de baja presión; proporcionando una corriente líquida entrando continuamente de una solución acuosa de alta concentración en sal a dicho puerto de entrada de baja presión de dicho dispositivo de transferencia de presión; en el modo PRO: suministrando una corriente de alimentación líquida de una solución acuosa de alta concentración en sal bajo una presión que no es mayor que alrededor del 90% de la diferencia de presión osmótica entre dichas dos corrientes acuosas a dicha primera sub-cámara a través de un primer puerto, proporcionando una corriente líquida continua de solución acuosa de baja concentración en sal a la segunda sub-cámara de dicho elemento a través de un primer puerto bajo baja presión, extrayendo una cantidad igual a al menos alrededor del 10% del flujo de entrada a la segunda sub-cámara para evitar la polarización de concentración en sal adyacente a dicho material de membrana semipermeable, suministrando una corriente de volumen aumentado que sale de un segundo puerto de la primera sub-cámara a un generador de energía de hidroturbina y al puerto de entrada de alta presión del dispositivo de transferencia de presión de líquido rotativo, y regulando el flujo que es suministrado de tal modo que un volumen de líquido aprox. igual que el volumen que fluye a través de la membrana semipermeable está dirigido a dicha hidroturbina que funciona para generar energía, con el resto de dicho volumen que es dirigido a dicho puerto de entrada de alta presión, y suministrando la corriente presurizada de la solución acuosa de alta concentración en sal desde dicho puerto de salida de alta presión de dicho dispositivo de intercambio de presión rotatoria hacia dicha primera sub-cámara como dicho suministro entrante; y en el modo RO: suministrando una corriente líquida continua de solución acuosa de baja concentración en sal bajo una presión de al menos alrededor de 48.3 bar (700 psig) a dicha segunda sub-cámara, extrayendo una corriente continua de permeado acuoso desde dicha primera sub-cámara, extrayendo una corriente continua de agua salada desde dicha segunda cámara igual a un volumen de al menos alrededor del 40% del volumen de corriente de entrada, dirigiendo dicha corriente extraída de agua salada al puerto de entrada de alta presión del dispositivo de transferencia de presión rotatoria, donde se eleva la presión de dicha corriente entrante de solución acuosa de alta concentración de sal, e incrementando la presión de dicha corriente que sale por el puerto de salida de alta presión del dispositivo de transferencia de presión rotatorio y combinando el mismo con una corriente de relleno de una solución acuosa de alta concentración en sal para constituir el mencionado suministro de solución acuosa de alta concentración a dicha segunda sub-cámara, con lo cual el agua penetra a través del material de la membrana semipermeable en la misma dirección en ambos modos RO y PRO, de forma que en el modo RO se suministra agua de alta calidad eficientemente, y en un modo PRO, se genera energía.

**Breve descripción de los dibujos**

(0008)

La FIGURA 1 es una vista esquemática mostrando un sistema híbrido RO/PRO incorporando varias características de la presente invención.

La FIGURA 2 es una vista esquemática de una ejecución alternativa de un sistema híbrido RO/PRO incorporando varias características de la presente invención.

La FIGURA 3 es una vista esquemática de otra ejecución alternativa de un sistema híbrido RO/PRO incorporando varias características de la presente invención.

## 10 Descripción detallada de las ejecuciones preferidas

(0009) La invención utiliza un elemento o cartucho de separación que emplea un material de membrana semipermeable de tal manera que en el modo PRO, el agua de una corriente de baja concentración en sal penetra a través de la membrana para diluir y así reducir la concentración de sal de una solución acuosa de una mayor concentración en sal, y en el modo RO, el agua penetrará a través de la membrana desde la solución salina de mayor presión. Para finalidades de esta aplicación, el término baja concentración en sal o baja salinidad se usa para definir una corriente con una concentración relativamente baja o sustancialmente sin sal, lo cual puede ser agua fresca disponible naturalmente o agua salobre o agua que penetra a través del material de membrana semipermeable durante el modo RO. El término se usa para describir la corriente que se alimenta al lado de la presión baja de una membrana en un modo PRO; puede incluir una corriente de permeado anterior o incluso agua de mar. Mientras el permeado que resulta del funcionamiento en el modo RO, la corriente a menudo será de una calidad semejante que sea potable, esta necesidad no es el caso; la potabilidad puede depender, por ejemplo, de las características específicas de rendimiento del material de membrana semipermeable que se usa y quizás de aquéllos de la solución de alimentación en un modo RO. El agua de alta calidad que penetra en la membrana en el modo RO puede ser equiparada a agua fresca. En las Figuras 1-3 el término corriente de agua fresca se usa para representar la corriente de baja salinidad, y el término agua de mar se usa para representar la alta concentración de sal o la corriente de alta salinidad.

(0010) Hay una amplia variedad de construcciones de elementos de separación que usan material de membrana semipermeable para esta finalidad; por ejemplo, éstas incluyen fibras huecas, material de lámina envuelto a modo de espiral alrededor de un núcleo central, disposición de placas y marcos, y disposición de tubos y marcos. Cualquiera de estas disposiciones puede ser empleada, y los tipos de membranas usados pueden variar. Los elementos de separación de fibras huecas pueden tener ventajas en algunos sistemas, mientras que otras construcciones, por ejemplo, elementos en espiral, pueden tener ventajas en otros. Hay distintas construcciones conocidas por elementos en espiral presentemente usados en filtración RO de flujo cruzado. En la más común construcción de elemento RO con flujo cruzado en espiral, hay una capa de lámina de alimentación altamente porosa localizada contra la superficie selectiva de las membranas usadas comúnmente, y las características del flujo del elemento que es rediseñado para el uso en aplicaciones PRO puede ser tal que la corriente de entrada que está siendo disminuida en volumen, como resultado de la permeabilidad, se dirige mejor a aquella capa de alimentación en ambos modos PRO y RO, como resultado de lo cual el flujo de agua siempre va en la misma dirección a través del material de la membrana durante el funcionamiento. En la ejecución de la Fig. 1, el elemento de separación de la membrana semipermeable es tal que está designado para permitir un flujo acuoso eficiente a través del material de la membrana en ambas direcciones. En la ejecución de la Fig. 2, el flujo de las dos corrientes entrantes de alta y baja concentración en sal se cambian de forma que la corriente que está siendo decrecida en volumen se suministra al mismo lado del material de la membrana semipermeable en el elemento en el modo RO y en el modo PRO. En el último caso, el flujo de agua a través de la membrana siempre será en la misma dirección, lo cual puede ser ventajoso desde el punto de vista de la naturaleza de la membrana y/o de las características del flujo del elemento.

(0011) Generalmente, las dos soluciones acuosas con que se alimenta el elemento de separación en el modo PRO variará en concentración de sal en al menos alrededor del 2% y preferiblemente en al menos alrededor del 3%. Por ejemplo, agua fresca de un río, lago u otra fuente de aguas subterráneas o agua salobre que está salinizada solo escasamente puede ser usada como corriente de baja concentración en sal en combinación con agua de mar o una corriente más salinizada. Alternativamente, el agua de mar, que usualmente contiene alrededor del 3% de sal, puede ser usada al contrario que una solución de agua salada acuosa que contiene una concentración de sal más alta, por ej. desde alrededor del 5% a alrededor del 10% de sal. Generalmente, cuando se hace funcionar en un modo RO, como es bien conocido en el estado de la técnica, el líquido de alimentación es agua salobre o agua de mar.

(0012) En las ejecuciones preferidas mostradas en la Figs. 1 y 2, el sistema emplea un dispositivo de transferencia de presión para mejorar la eficiencia del conjunto del funcionamiento en cualquier modo y para mejorar significativamente la economía del sistema. La Fig. 3 ilustra un sistema más básico que no incorpora semejante dispositivo. Cuando semejante dispositivo está incluido, cualquier dispositivo de transferencia de presión isobárica adecuado puede ser empleado, por ejemplo, uno de este tipo se muestra en la Patente de E.E.U.U. nº 6,017,200; sin embargo, los dispositivos preferidos son aquéllos del tipo rotativo mostrado en las Patentes de E.E.U.U. nº 4,887,942; 5,338,158; 6,540,487; y 6,659,731. Estos dispositivos de transferencia de presión isobárica tienen un puerto de entrada de alta presión, un puerto de salida de alta presión, un puerto de entrada de baja presión, y un puerto de salida de baja presión. Los dispositivos rotatorios tienen un rotor cilíndrico que rota a una alta velocidad; múltiples canales se extienden longitudinalmente a través del rotor, y son alternativamente suministrados con líquido en una cantidad igual a alrededor del 40% - 75% de su volumen, primero en un extremo y luego en el otro extremo,

mientras que el líquido a la respectiva presión de suministro es descargado fuera del extremo opuesto en la misma cantidad. De este modo, la presión elevada de la corriente de alta presión de líquido es transferido con extremada eficiencia a una corriente de baja presión, con el líquido de alta presión que es consecuentemente despresurizado, por ejemplo, a presión atmosférica en la mayoría de los casos.

5 (0013) Muchos fragmentos de las ejecuciones de la Fig. 1 y la Fig. 2 son similares, y los mismos números de referencia son usados para ambos en estos casos. Particularmente, el dispositivo de transferencia de presión rotativo usado tanto en Fig. 1 como en Fig. 2 son exactamente iguales.

10 (0014) En el sistema ilustrado en la Fig. 1, se muestra un elemento o cartucho de membrana de separación (11) que comprende una primera sub-cámara (13) y una segunda sub-cámara (15) separadas por un material de membrana semipermeable (17), todo mostrado esquemáticamente en el dibujo. Una entrada (19) proporciona acceso a la primera sub-cámara, y un primer puerto (21) proporciona acceso a la segunda sub-cámara. La primera sub-cámara (13) tiene una salida (23) y la segunda sub-cámara tiene un segundo puerto (25). La salida (23) desde la primera  
15 cámara está conectada a un conducto bifurcado (27), y una primera bifurcación (27a) conduce a un dispositivo de transferencia de presión (29) y una segunda bifurcación (27b) conduce a una hidroturbina (31) que produce energía utilizable, accionando un generador eléctrico (33). A pesar de que la corriente de descarga (35) desde la turbina hidráulica (31) u otras corrientes de descarga pueden ser apropiadamente devueltas a una fuente de agua altamente salina, mientras se tomen precauciones para evitar el choque de salinidad, puede haber ventajas en el uso de varias  
20 corrientes para otras finalidades.

(0015) Usualmente tanto el agua fresca como el agua de relativamente baja salinidad se suministra como una corriente de entrada de líquido de baja concentración en sal al primer puerto (21) de la segunda sub-cámara (15) cuando funciona en el modo PRO. Los términos de concentración baja en sal o corriente de baja salinidad son  
25 generalmente usados; sin embargo, debe ser entendido que estos términos son relativos unos respecto a otros en cada funcionamiento específico. La corriente de baja concentración en sal puede ser agua fresca que no tiene sustancialmente ninguna concentración de sal, o puede tratarse de una corriente escasamente salina, o incluso agua de mar, cuando la corriente con alta concentración en sal es de concentración en sal substancialmente mayor, por ejemplo, una corriente del Gran Lago Salado. Igualmente, la corriente de alta concentración en sal puede ser  
30 agua de mar cuando la corriente de baja concentración en sal es agua fresca. Por ejemplo, el agua puede ser suministrada de una fuente (37) de agua fresca, que esté conectada a la entrada de una bomba de baja presión (39) que descarga en una bifurcación (41) de un conducto bifurcado (41) que contiene una válvula de tres vías (43). Una segunda bifurcación (41b) del conducto conduce desde la válvula de tres vías (43) a una reserva de agua fresca (45), y el flujo está dirigido a esta reserva cuando el sistema está funcionando en el modo RO. La bomba de  
35 suministro (39) también puede succionar de la reserva (45).

(0016) Un conducto de alimentación (47) que conduce a la entrada (19) de la primera sub-cámara (13) del elemento está conectado en su extremo opuesto a un puerto de salida de alta presión (49) desde el dispositivo de transferencia de presión rotativo (29), y esta línea contiene una bomba de incremento (51) diseñada para elevar  
40 adicionalmente levemente la presión del flujo de líquido de alta concentración en sal suministrado a la entrada. El suministro del líquido de alta concentración en sal se suministra bombeando desde una fuente apropiada (53) por una bomba de baja presión (55) que descarga dentro de un puerto de entrada de baja presión (57) del dispositivo de transferencia de presión (29). La bifurcación (27a) desde la salida de la primera sub-cámara (23) conduce a un puerto de entrada de alta presión (59) del dispositivo de transferencia de presión, y un puerto de salida de baja  
45 presión (61) está conectado a un conducto de descarga (63) que puede ser combinado con la corriente de descarga (35) y usado o descargado conjuntamente.

(0017) Un funcionamiento ejemplar del sistema de la Fig. 1 en un modo PRO está descrito a continuación. Un controlador o dispositivo de control (65) arranca la bomba motopropulsada, de baja presión (39 y 55); la bomba de  
50 incremento (51) puede arrancar automáticamente cuando detecta una deseada presión de entrada mínima o puede ser arrancada individualmente siguiendo a una o ambas bombas (39 y 55). La primera y la segunda sub-cámaras (13, 15) del elemento de separación (11) están llenas de agua de alta concentración en sal y agua de baja concentración en sal, respectivamente, y el fenómeno de osmosis conduce el agua a través de la membrana (17) y dentro de la primera sub-cámara (13) para diluir la solución. Para que el proceso sea efectivo, la presión del líquido de la primera sub-cámara no puede exceder la presión de la segunda sub-cámara en más de la diferencia en  
55 presiones osmóticas de los dos líquidos, como es bien conocido en la técnica PRO. Preferiblemente, se usa una presión que no es mayor que alrededor del 90% de la diferencia de presión osmótica entre dichas dos corrientes acuosas, y que es al menos alrededor del 20.7 bar (300 psing), si es apropiado. Habida cuenta que se puede producir una acumulación de concentración de sal en el lado del flujo de entrada de la membrana, incluso si se usa  
60 una corriente de agua fresca, conducida por gradientes de concentración, se proporciona una circulación de arrastre a través del material de membrana semipermeable (17) en el lado de la baja presión para limitar semejante polarización de concentración potencial, preferiblemente conectando el segundo puerto (25) de la segunda sub-cámara (15) a una línea de recirculación (67) que contiene una pequeña bomba de recirculación (69) que funciona para devolver un pequeño flujo de líquido para la recirculación junto con el líquido que es bombeado desde la fuente (37), preferiblemente llevando el mismo hasta el conducto (41) aguas abajo de la válvula de tres vías (43).  
65 Dependiendo de la naturaleza del flujo de entrada a la segunda sub-cámara y de la cantidad de flujo dentro de la segunda cámara, el flujo que es extraído es preferiblemente igual a al menos alrededor del 10% del caudal del líquido suministrado por la bomba de baja presión y más preferiblemente igual a al menos alrededor del 20%.

Adicionalmente, debido a la intrusión de sal de gradiente de concentración y debido incluso a que el agua fresca puede contener algún contenido en sal, para evitar cualquier aumento significativo indeseado en la concentración de sal a granel en la segunda cámara como resultado de la permeabilidad del agua a través de la membrana, al menos una parte de la corriente de extracción es extraída a una línea de descarga, preferiblemente una cantidad de al menos igual a alrededor del 2% y más preferiblemente a al menos alrededor del 5% del flujo de entrada suministrado por la bomba de suministro de baja presión (39). Un porcentaje mayor de la corriente reciclada puede ser extraído cuando la corriente de baja concentración tiene un contenido de sal mayor. Esto se consigue fácilmente incluyendo un tubo en T en la línea de recirculación (67) que lleva a descargar a través de una válvula de control (70) que puede ser ajustada de forma variable para permitir una cantidad deseada de flujo a través la misma. La cantidad de flujo de una segunda cámara que es extraída para evitar semejante aumento de concentración de sal, por supuesto, funciona como parte del flujo de arrastre y disminuye la cantidad del flujo extraído que se devuelve a la entrada en la segunda cámara.

(0018) El agua que penetra a través del material de la membrana (17) es aditiva al flujo de entrada dentro de la primera sub-cámara (13), de manera que el flujo de salida de allí es sustancialmente mayor, usualmente alrededor del 40-50%. El flujo resultante de la primera cámara (13) en el conducto bifurcado (27) puede ser controlado a través de un controlador de flujo apropiado (71) en el tubo en T para ajustar las cantidades deseadas de flujo a través de cada bifurcación; sin embargo, cuando un dispositivo de transferencia de presión rotativo está incluido como en las Figuras 1 y 2, el control de la bomba de incremento (51) para suministrar un caudal definido de líquido de alta concentración en sal a la primera sub-cámara controlará la cantidad restante de flujo que es dirigido a la hidroturbina. Con semejante control, un caudal continuo de líquido se mantiene en la bifurcación (27a) que es levemente mayor que el caudal de entrada de líquido de alta concentración en sal suministrada al elemento de separación (11), permitiendo una muy pequeña pérdida a través de los sellados de líquido en el dispositivo rotatorio (29). Los restos del flujo desde la salida (23) son desviados a la bifurcación (27b) que conduce a la hidroturbina (31) donde hace funcionar la turbina y se produce la generación de energía eléctrica. Generalmente, una parte mayor del flujo de descarga entra en el puerto de entrada de alta presión (59) del dispositivo de transferencia de presión rotativo (29), en el que se transfiere su presión a la corriente entrante de presión baja, siendo suministrado el líquido de alta concentración en sal por la bomba de baja presión (55). Ahora esta corriente despresurizada, diluida es descargada, usualmente a presión atmosférica, junto con la corriente de descarga similar (35) desde la hidroturbina, a una masa de agua apropiada; esta puede ser la misma fuente de agua de mar (53) desde la que la bomba de baja presión (55) succiona.

(0019) Como ejemplo de un típico funcionamiento, la bomba de agua fresca de baja presión (39) se hace funcionar para suministrar una corriente de alrededor de 1 bar (15 psig), y la bomba de baja presión (55) para el líquido de alta concentración en sal, por ejemplo, agua de mar, se hace funcionar para suministrar líquido al dispositivo de transferencia de presión (29) a una presión de alrededor de 2 bar (30 psig). Este agua de mar entra en el puerto de entrada de baja presión (57) del dispositivo de transferencia de presión (29), y emerge del puerto de salida de alta presión (49) como una corriente de alrededor de 17.6 bar (255 psig). Su presión entonces se incrementa en el conducto de alimentación (47) por la bomba de incremento (51) a una presión de entrada de alrededor de 20.7 bar (300 psig) antes de su entrada dentro de la primera sub-cámara (13) del elemento de separación de la membrana. Una corriente diluida emerge de la salida (23) del elemento (11), a una presión de alrededor de 19.8 bar (288 psig), y es dividida entre las bifurcaciones que conducen al puerto de entrada de alta presión (59) y a la hidroturbina (31). Por ejemplo, en un flujo de entrada de 0.38 m<sup>3</sup>/min (100 galones por minuto (gpm)) de agua de mar y un flujo de entrada de agua fresca de alrededor del 0.19 m<sup>3</sup>/min (51 gpm), con un flujo de recirculación de alrededor de 0.04 m<sup>3</sup>/min (10 gpm) a través de la línea (67), puede haber un flujo de salida de alrededor de 0.53 m<sup>3</sup>/min (141 gpm) al conducto bifurcado (27), donde está entonces la división, de manera que alrededor de 0.38 m<sup>3</sup>/min (101 gpm) es enviado al dispositivo de transferencia de presión (29) y alrededor de 0.15 m<sup>3</sup>/min (40 gpm) se emplean para hacer funcionar la hidroturbina (31) y crear energía eléctrica. Una parte del flujo de recirculación es preferiblemente extraída abriendo la válvula (70) y descargada, como una fuente de agua subterránea para prevenir un aumento indeseable de concentración de sal en la segunda sub-cámara (15). El suministro de agua fresca desde la bomba (39) se aumenta correspondientemente, por ejemplo, en alrededor de un 5% a 0.40 m<sup>3</sup>/min (105 gpm), para compensar un 5% de extracción. El funcionamiento en conjunto del sistema en el modo PRO es exquisito, porque usando el dispositivo de transferencia de presión rotativo (29), el arranque es esencialmente automático, una vez que las dos bombas de baja presión (39 y 55) y la bomba de incremento (51) están funcionando; además, cuando se usa semejante dispositivo de transferencia de presión rotativo tan extremadamente eficiente, el funcionamiento es esencialmente auto-controlado, y arranca por sí solo.

(0020) Cuando se desea hacer funcionar el sistema en un modo RO, el dispositivo de control (65) se ajusta al modo RO, en vez de al modo PRO, y el funcionamiento empieza como generalmente en cualquier sistema de desalinización RO a gran escala. Como se conoce por el estado de la técnica RO, la corriente salina generalmente se suministra a los elementos de separación de la membrana semipermeable a una presión de al menos alrededor de 41.4 bar (600 psig), y generalmente a al menos alrededor de 48.3 bar (700 psig) y preferiblemente a alrededor de 55.1 bar (800 psig), para agua de mar se contempla que, por ejemplo, durante los meses de invierno cuando el agua fresca puede ser relativamente abundante, como resultado de la lluvia y la nieve, de manera que no se requiere un suministro de agua fresca auxiliar, el sistema puede funcionar en un modo PRO para generar energía útil. Más tarde en el año, cuando el suministro de agua fresca resulta ser limitado, el sistema puede ser cambiado para funcionar en un modo RO y producir un flujo continuo de agua de alta calidad, que debería ser de tal calidad como para poder beber. Sin embargo, en algunos aspectos, el sistema puede ponerse en funcionamiento también como si hubiera un

dispositivo de almacenamiento de energía o una batería, de manera que cuando la energía en exceso esté disponible en la red, se haga funcionar el sistema en un modo RO para generar agua de alta calidad que esté almacenada en una reserva apropiada y el agua de mar concentrada puede ser almacenada en un colector separado. Según lo cual, cuando se necesita la energía, esta agua salada concentrada almacenada puede ser devuelta a las corrientes de alimentación para generar energía en un modo PRO, o una corriente de descarga de aguas grises desde una instalación de tratamiento de agua o similar puede ser usada como líquido bajo en salinidad. Además, el agua salada del tratamiento RO de agua salobre puede ser ventajosamente retenida para un uso posterior en un ciclo PRO en situaciones en las que no hay disponible otro líquido de alta salinidad.

(0021) Cuando el sistema funciona en el modo RO, la válvula de tres vías (43) se cambia de manera que se conecte al primer puerto (21) de la segunda sub-cámara (15) en el elemento de separación al conducto bifurcado (41b) que conduce a la reserva de agua fresca (45) y una válvula (73) en el circuito de recirculación se cierra. Alternativamente, una válvula (no mostrada) en el conducto (41) justo aguas arriba del primer puerto (21) y la válvula de extracción (70) pueden ser cerradas, y la bomba de recirculación usada para bombear el permeado desde la segunda sub-cámara a través del conducto (67) y la bifurcación (41b). Suponiendo que el agua de mar se use como alimentación de líquido de alta concentración en sal, se puede suministrar en la entrada (19) de la primera sub-cámara (13) del elemento de separación (11) a, por ejemplo, alrededor de 55.1 bar (800 psig). El conducto de entrada (47) que conduce a la primera sub-cámara (13) incluye una bifurcación (47a) que entra en una ubicación aguas abajo de la bomba de incremento (51); la bifurcación contiene una válvula (75) que está cerrada durante el funcionamiento PRO y luego se abre por el dispositivo de control (65) durante el funcionamiento RO. Una bomba de alta presión (77) suministra agua de mar a alrededor de 55.1 bar (800 psig) desde una fuente, como el océano, a través de la bifurcación (47a). La bomba de baja presión (55) continúa funcionando y suministrando agua de mar a alrededor de 2 bar (30 psig) al puerto de entrada de baja presión (57) del dispositivo de transferencia de presión (29). En este modo RO, si alrededor de 0.38 m<sup>3</sup>/min (100 gpm) de agua de mar es bombeada en la primera sub-cámara (13), la osmosis inversa causará permeabilidad de agua fresca a través de la membrana en la segunda sub-cámara (15), y el flujo de permeado fuera de la segunda sub-cámara (15) puede ser igual a alrededor de 0.15 m<sup>3</sup>/min (40 gpm), cuyo permeado se conduce a la reserva de agua (45). El caudal de salida agua de mar ahora incrementado en salinidad, a menudo denominado agua salada, desde la primera sub-cámara (13) a través de la salida (23) decrece de este modo por debajo del caudal de entrada de agua de mar por una cantidad de permeado, resultando en un caudal de agua salada de salida de alrededor de 0.23 m<sup>3</sup>/min (60 gpm) o 60% del flujo de entrada. Generalmente, el caudal de agua salada se mantiene a al menos alrededor del 40% del flujo de entrada, preferiblemente al menos alrededor del 50% y más preferiblemente al menos alrededor de 60%. Como se conoce en el estado de la técnica RO, una válvula de control (no mostrada) puede ser usada para mantener la presión deseada en la primera sub-cámara (13). Una válvula (79) en la línea a la hidroturbina (31) está cerrada, de manera que todo el flujo está direccionado hacia el puerto de entrada de alta presión (59) del dispositivo de transferencia de presión (29). En el rotor giratorio, la presión de la corriente de salida de agua salada es transferida al mismo volumen de agua de mar fresca que se suministra por la bomba de baja presión (55), y esto resulta en la descarga de una corriente de salida de alta presión de agua salada a una presión de alrededor de 52 bar (755 psig) y un caudal de alrededor del 0.22 m<sup>3</sup>/min (59 gpm). La bomba de incremento (51) eleva la presión del agua de mar a alrededor del 55.1 bar (800 psig), y la bomba (51) puede ser usada para controlar el caudal de descarga del agua salada. El flujo de presión incrementada (77) se fusiona con el flujo de salida desde la bomba de alta presión (77) para suministrar la corriente deseada al elemento de separación (11), por ejemplo, 0.38 m<sup>3</sup>/min (100 gpm) de agua de mar a 55.1 bar (800 psig). La corriente de descarga de baja presión de agua salada desde el puerto de salida (61) es apropiadamente descargada o dirigida a un colector como se mencionó anteriormente.

(0022) Correspondientemente, mediante un funcionamiento de control relativamente simple, todo el sistema se transforma fácilmente entre la producción RO de agua fresca y la eficiente y económica generación PRO de energía utilizable, tal como la energía eléctrica. Esta característica correspondientemente proporciona un uso alternativo eficiente de una planta de desalinización RO cuando las condiciones naturales son tales que los suministros de agua fresca cumplen con las necesidades de la comunidad o área; esto aumenta la economía de todo el sistema.

(0023) En la ejecución de la Figura 2, los componentes que se emplean son los mismos; sin embargo, para que el flujo de agua a través del material de la membrana semipermeable (17) en el elemento de separación (11) se mantenga siempre en la misma dirección, sin tener en cuenta si es en el modo de funcionamiento RO ó PRO, se toman medidas de previsión para desaguar el sistema y activar dos válvulas de paso (81). Una válvula (81a) está ubicada en las líneas que conducen a los pares de puertos (19, 21), y una válvula similar (81b) está ubicada en las líneas que conducen desde los pares de puertos (23, 25) del elemento de separación (11). A ambos hace referencia generalmente como válvulas de enlace.

(0024) El sistema ilustrado en la Figura 2 puede funcionar en el modo PRO exactamente como se describió antes. Entonces, cuando se desea generar agua fresca, el dispositivo de control (65) cierra todas las bombas, drena la primera sub-cámara (13) mediante un grifo de drenaje controlado remotamente (83) tras cerrar la válvula (79) que conduce a la hidroturbina y la válvula (65), mueve la válvula de tres vías (43), abre la válvula (75) en la línea que conduce a la bomba de alta presión, enciende las dos válvulas de enlace de paso (81a y 81b), y luego reinicia la bomba de baja presión (55), la bomba de alta presión (77) y la bomba de incremento (51) (si no arranca automáticamente). El dispositivo de control (65) mueve la válvula (81a) a la entrada para ocasionar que la corriente de entrada de alta presión, el líquido de alta concentración en sal, incluido aquél del dispositivo de transferencia de presión (29), sea suministrado en cambio a la segunda sub-cámara (15); esto causa que el agua penetre a través de

la membrana (17) dentro de la primera sub-cámara (13) desde la que fluye a la reserva de agua a través del puerto de entrada primero (19) o a través del puerto de salida (23) por la válvula de paso (81b) y la línea de recirculación (67). El flujo de salida de agua salada desde segundo puerto (25) de la segunda sub-cámara (15) está ahora conectada, a través de la válvula de paso (81b), al conducto bifurcado (27) que conduce al puerto de entrada de alta presión (59) del dispositivo de transferencia de presión. El sistema entonces funciona en el modo RO, esencialmente como se describió previamente, con el único cambio de que el líquido de alta concentración en sal (por ej. agua de mar) ahora se suministra a la segunda sub-cámara (15) a través del primer puerto (21) y el agua fresca que penetra se descarga desde la primera sub-cámara (13). Como resultado de estos cambios enviando a través de la válvulas de paso (81), el flujo de agua a través de la membrana semipermeable (17) en el modo RO permanece en la misma dirección, por ejemplo, desde la segunda sub-cámara (15) a la primera sub-cámara (13), como fue descrito respecto al modo PRO. Cuando se desee cambiar el sistema de vuelta al modo PRO, puede ser deseable primero drenar la segunda sub-cámara (15), y para conseguir este objetivo se puede abrir la válvula de control (70) en la línea de recirculación (67).

(0025) La Figura 3 ilustra un sistema híbrido RO/PRO similar al sistema ilustrado en la Figura 1, y correspondientemente, los componentes que son comunes a ambos tienen los mismos números de referencia. Se muestran conexiones esquemáticas entre el dispositivo de control (65) y los varios componentes del sistema; conexiones similares, o sus equivalentes existirían en las Figuras 1 y 2 pero no se muestran para mejorar una claridad del conjunto. El sistema de la Figura 3, sin embargo, no emplea un dispositivo de transferencia de presión para elevar la presión de una corriente entrante de líquido de alta concentración empleando la corriente de descarga de alta presión del líquido diluido en el modo PRO o del agua salada en el modo RO. El sistema se simplifica en que un conducto de salida no bifurcado (87) conecta el puerto de salida (23) desde la primera sub-cámara directamente a la hidroturbina (31), como resultado de lo cual todo el flujo de salida del líquido de alta presión en ambos modos se usa para crear energía y luego es descargado o retenido como se mencionó anteriormente.

(0026) El sistema está también simplificado en el lado de entrada del agua de mar donde una única bomba de presión variable (89) está conectada al conducto de suministro (47); la bomba puede funcionar para suministrar una presión de descarga de entre alrededor de 20.7 bar (300 psig) y alrededor de 55.1 bar (800 psig). Alternativamente, se pueden usar una bomba de baja presión y un circuito de bomba de incremento opcional.

(0027) Cuando el funcionamiento en el modo PRO es deseado, el dispositivo de control (65) se ajusta correspondientemente, y la válvula de tres vías (43) se activa de tal modo que conecta la línea (41a) que contiene la bomba de suministro de agua fresca (39) al primer puerto (21) de la segunda sub-cámara (15), como muestra la Figura 3. El dispositivo de control ajusta entonces la bomba (89) para suministrar un flujo de agua de mar en el caudal deseado, por ejemplo, 0.38 m<sup>3</sup>/min (100 gpm), y una presión, por ejemplo 20.7 bar (300 psig), a la primera sub-cámara (13). El agua fresca se suministra a la segunda sub-cámara (15) a través de la bomba de suministro (39), que es accionada junto con la bomba de recirculación (69), y el fenómeno de la osmosis conduce el agua a través del material de membrana semipermeable (17) dentro de la primera sub-cámara (13). Un porcentaje de flujo extraído es extraído a través de la válvula (70) como antes. El agua que penetra se añade al flujo de entrada de agua de mar en la primera sub-cámara, y un flujo de descarga de volumen aumentado sale a través del puerto de salida (23). Todo el flujo es direccionado a través de la línea (87) hacia la hidroturbina (31) donde genera energía y luego es descargada como se mencionó previamente.

(0028) Cuando se desea hacer funcionar el sistema en el modo RO, las bombas motopropulsadas son interrumpidas y el dispositivo de control (65) se cambia al modo RO. Esto ocasiona que la válvula de tres vías (43) conecte el conducto (41) a la reserva de agua (45) a través de la línea de bifurcación (41b), y ello entonces causa que la bomba de presión variable (89) suministre líquido, por ejemplo, agua de mar, a alrededor de 55.1 bar (800 psig). Una válvula (91) justo aguas arriba del primer puerto (15) de la segunda sub-cámara y la válvula de control (70) se cierran, y la bomba de recirculación (69) funciona para extraer el permeado de la segunda sub-cámara (15) y la dirige a través de la válvula de tres vías (43) a la reserva de agua (45) mientras la bomba (89) está funcionando. Todo el flujo de descarga de agua salada desde la primera sub-cámara (13) es dirigido a través de la línea (87) hacia la turbina (31), donde ocasiona que la turbina rote y genere energía, y luego sea retenida o descargada, como se mencionó previamente.

(0029) Se puede ver que el dispositivo de control (65) puede cambiar de nuevo de manera sencilla el sistema entre el funcionamiento en el modo PRO y el funcionamiento en el modo RO. Esto aumenta enormemente la versatilidad del sistema, haciendo más económicamente factible la construcción y el funcionamiento de un sistema de generación de energía del tipo PRO.

(0030) Aunque la invención ha sido descrita con respecto a ciertas ejecuciones preferidas que constituyen la mejor manera conocida por el inventor para llevar a cabo la invención, debe ser entendido que pueden efectuarse varios cambios y modificaciones sin apartarse del ámbito que ha sido definido en las reivindicaciones adjuntas, lo cual es obvio para un experto en la técnica. Por ejemplo, en un entorno en el que por el momento hay un suministro de agua fresca abundante, toda la corriente extraída puede ser extraída para ser descargada y el suministro a la cámara aguas arriba ser aumentado correspondientemente. La retención de ciertas corrientes de descarga en un colector o similar puede minimizar el impacto ambiental de ciertas descargas, por ejemplo, el agua salada más altamente salina de una unidad de desalinización RO de agua de mar, y proporcionar una ventaja en la generación de energía subsecuente en el modo PRO. Por ejemplo, la hidroturbina puede ser usada para, por ejemplo, mediante un motor



eléctrico, hacer funcionar, directa o indirectamente, una de las bombas de alimentación, por ejemplo, una bomba de agua fresca de baja presión o una bomba de agua salada de baja presión. Además de ser útil para mantener el flujo siempre en la misma dirección mediante elementos de separación utilizando material de membrana semipermeable sensible al flujo y/o teniendo una preferencia de flujo de alimentación particular, la disposición en la Figura 2 también puede ser útil cuando se emplean elementos de separación que son substancialmente insensibles a la dirección del flujo. En este caso, puede ser deseable, ocasionalmente, encender las válvulas de enlace del sistema mostrado en la Figura 2, para que, mientras funciona, por ejemplo, en el modo PRO, encender de forma efectiva las cámaras, de manera que el flujo vaya en la dirección opuesta, a través del material de la membrana semipermeable. Esta inversión del flujo periódica podría facilitar la limpieza retirando la acumulación de la superficie en el lado de la membrana en el que el agua está penetrando.

(0031) Características particulares de la invención son enfatizadas en las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1ª.- Un sistema para producir agua de alta calidad a partir de agua salina y producir energía de dos corrientes acuosas de diferentes concentraciones en sal, cuyo sistema comprende:

5 un elemento de membrana semipermeable (11) capaz de funcionar en el modo RO o en el modo PRO, cuyo elemento tiene una primera sub-cámara (13) y una segunda sub-cámara (15) separadas por un material de membrana semipermeable (17), y dicho elemento tiene también una entrada (19) y una salida (23) conectadas a dicha primera sub-cámara y los puertos primero y segundo (21, 25) están conectados a dicha segunda sub-cámara, 10 un generador de energía de hidroturbina (31, 33), un primer medio de conducto (27) que conecta dicha salida de dicha primera sub-cámara de dicho elemento a dicha hidroturbina, un medio para conducir una corriente de alimentación líquida de agua de alta concentración en sal desde una fuente (53) de semejante agua salina bajo alta presión que incluye un segundo conducto (47) que conduce a la entrada de 15 dicha primera sub-cámara, un tercer medio de conducto (41) que tiene una primera y una segunda bifurcación conectadas a dicho primer puerto de dicha segunda sub-cámara, un medio (39) para suministrar agua de baja concentración en sal a dicha segunda sub-cámara a través de dicha primera bifurcación (41a), mientras dicha segunda bifurcación (41b) sirve como un tubo de descarga para permeado 20 acuoso, un medio (69) para extraer parte del agua de baja concentración en sal de dicho segundo puerto (25) de dicha segunda sub-cámara para conseguir arrastrar el flujo a lo largo de dicho material de membrana semipermeable, y un medio de control (65) para alternativamente hacer funcionar dicho sistema en un modo PRO productor de energía, en el cual dicha primera bifurcación (41a) operativamente se conecta a dicho medio de suministro de agua 25 de baja concentración en sal (39) a dicho primer puerto (21) de dicha segunda cámara, o en un modo RO productor de agua de alta calidad, en el cual dicha segunda bifurcación de descarga (41b) está operativamente conectada a dicha segunda sub-cámara (15) para el flujo del permeado a través de la misma.

2ª.- El sistema según la reivindicación 1ª, que incluye un dispositivo de transferencia de presión isobárica (29) que 30 tiene un puerto de entrada de alta presión (59), un puerto de entrada de baja presión (57), un puerto de salida de alta presión (49) y un puerto de salida de baja presión (61), y dicho primer medio de conducto (27) incluye una bifurcación (27a) que lleva a dicho puerto de entrada de alta presión de dicho dispositivo de transferencia de presión, y dicho medio de conducción de corriente de alimentación incluye (a) un medio de suministro (53) para suministrar una corriente continua de agua de alta concentración en sal a dicho puerto de entrada de baja presión (19) de dicho 35 dispositivo de transferencia de presión, (b) una primera bifurcación de dicho segundo conducto (47) que está conectado a dicho puerto de salida de alta presión de dicho dispositivo de transferencia de presión, (c) una bomba de incremento (51) en dicha primera bifurcación, (d) una segunda bifurcación (47a) de dicho segundo conducto que está conectado a una fuente de agua salina, y (e) una bomba de alta presión (77) en dicha segunda bifurcación.

3ª.- El sistema según la reivindicación 1ª ó 2ª, en el que dicho medio de conducción de corriente de alimentación incluye una primera bomba de baja presión (55) en un medio de suministro (a) y un par de válvulas de enlace (81a y 81b) que directamente fluyen dentro y fuera de dichas primera y segunda sub-cámaras (13, 15).

4ª.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, en el que dicho primer medio de conducto contiene 45 una válvula (79) aguas arriba de dicha hidroturbina que puede ser cerrada.

5ª.- El sistema según la reivindicación 2ª, en el que dicha segunda bifurcación (d) contiene una válvula (75) aguas 50 abajo de dicha bomba de alta presión que puede ser cerrada.

6ª.- El sistema según la reivindicación 2ª, en el que una bomba de suministro (39) está contenida en dicha primera bifurcación (41a) de dicho tercer medio de conducto (41), y dicho tercer medio de conducto contiene una válvula de tres vías (43) para interconectar dicha segunda sub-cámara (15) con dicha primera bifurcación (41a) o con dicha 55 segunda bifurcación (41b).

7ª.- El sistema según la reivindicación 2ª, en el que dicho dispositivo de transferencia de presión isobárica (29) es un dispositivo de transferencia de presión rotativo.

8ª.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 7ª, en el que dicho medio de extracción incluye un conducto de recirculación (67) que contiene una bomba de recirculación (69) que está conectada a dichos puertos 60 primero y segundo de dicha segunda sub-cámara.

9ª.- El sistema según la reivindicación 8ª, en el que dicho tercer medio de conducto (41) contiene una válvula de tres vías (43) de dicha segunda sub-cámara que en el modo RO permite a la bomba de recirculación conducir agua de permeado a dicha segunda bifurcación (41b).

10ª.- El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 9ª, en el que dicho medio de extracción incluye un medio (70) para desviar una parte del agua de baja concentración en sal que sale de dicha segunda cámara para la 65 descarga.

11<sup>a</sup>.- Un método para producir agua de alta calidad a partir de agua salina en un modo RO y para producir energía a partir de dos corrientes acuosas de diferentes concentraciones en sal en un modo PRO, cuyo método comprende los pasos de:

5 proporcionar un elemento de separación de membrana semipermeable (11) capaz de funcionar en el modo RO o el modo PRO, cuyo elemento tiene dos sub-cámaras (13, 15) que están separadas por un material de membrana semipermeable (17), y un par de puertos conectados respectivamente a dicha sub-cámara;

en el modo PRO:

10 proporcionando una corriente líquida de entrada de una solución acuosa de alta concentración en sal bajo una presión que no es mayor que alrededor del 90% de la diferencia de presión osmótica entre dichas dos corrientes acuosas a una de dichas sub-cámaras,

15 proporcionando una corriente líquida de entrada de una solución acuosa de baja concentración en sal a otra de dichas sub-cámaras de dicho elemento bajo baja presión, extrayendo una cantidad igual de al menos alrededor del 10% del flujo de entrada de dicha corriente de baja concentración en sal desde dicha otra sub-cámara para evitar la polarización de concentración de sal adyacente a dicho material de membrana semipermeable, y  
20 conduciendo al menos parte de una corriente líquida de volumen aumentado que sale de dicha sub-cámara a un generador de energía de hidroturbina (31, 33); y

en el modo RO:

25 proporcionando una corriente de líquido continua de solución acuosa de alta concentración en sal bajo una presión de al menos alrededor de 48,3 bar (700 psig) a una sub-cámara de dicho elemento de membrana semipermeable, extrayendo una corriente continua de permeado acuoso desde la otra sub-cámara de dicho elemento de membrana semipermeable, extrayendo una corriente continua de agua salada desde la sub-cámara igual a un volumen de al menos alrededor del 40% del volumen de la corriente de entrada, y

30 (a) dirigiendo dicha corriente extraída de agua salada a la hidroturbina (31, 33), y/ ó

35 (b) transfiriendo la presión de la corriente de agua salada extraída para elevar la presión de dicho líquido de alta concentración en sal que se suministra a la sub-cámara.

12<sup>a</sup>.- El método según la reivindicación 11<sup>a</sup>, en el que un dispositivo de transferencia de presión (29) tiene un puerto de entrada de alta presión (59), un puerto de entrada de baja presión (57), un puerto de salida de alta presión (49) y un puerto de salida de baja presión (49), en el que la mayor parte de dicha corriente de volumen aumentado se conduce en dicho modo PRO al puerto de entrada de alta presión del dispositivo de transferencia de presión líquida, y en el que el líquido de alta concentración en sal entrante es suministrado a dicho puerto de entrada de baja presión de dicho dispositivo de transferencia de presión y es presurizado allí, y en el que el líquido de alta concentración en sal presurizado desde dicho puerto de salida de alta presión de dicho dispositivo de intercambio de presión es conducido a dicha sub-cámara como dicho suministro entrante después de aumentar más la presión.

45 13<sup>a</sup>.- El método según la reivindicación 12<sup>a</sup>, en el que dicho dispositivo de transferencia de presión isobárica es un dispositivo de transferencia de presión rotativo (29) y en el que dicha extracción incluye desviar al menos una parte de dicha corriente extraída para la descarga.

50 14<sup>a</sup>.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 13<sup>a</sup>, en el que dicho líquido de alta presión es suministrado a la misma sub-cámara de dicho elemento de separación (11) en el modo RO así como en el modo PRO, como resultado de lo cual el flujo permeado a través del material de membrana semipermeable va en direcciones opuestas en los modos RO y PRO.

55 15<sup>a</sup>.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 11<sup>a</sup> a 13<sup>a</sup>, en el que dicho líquido de alta presión es suministrado a sub-cámaras opuestas de dicho elemento de separación (11) en el modo RO y en el modo PRO, de manera que el flujo de permeado a través del material de membrana semipermeable en dicho elemento va en la misma dirección tanto en el modo RO como en el modo PRO, y en el que dicha primera sub-cámara (13) de dicho elemento de separación es drenado cuando se cambia del modo PRO al modo RO.

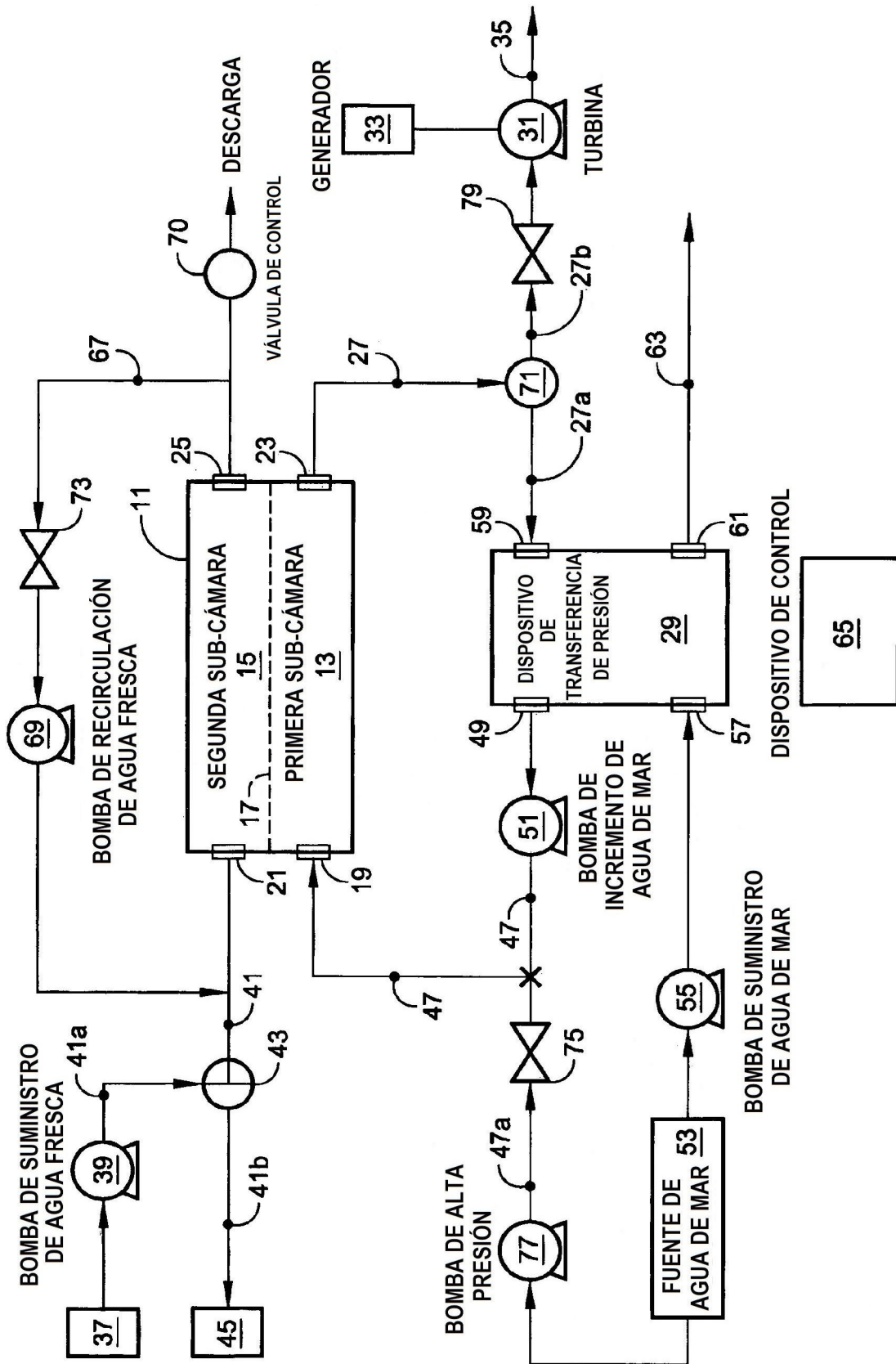


FIG. 1

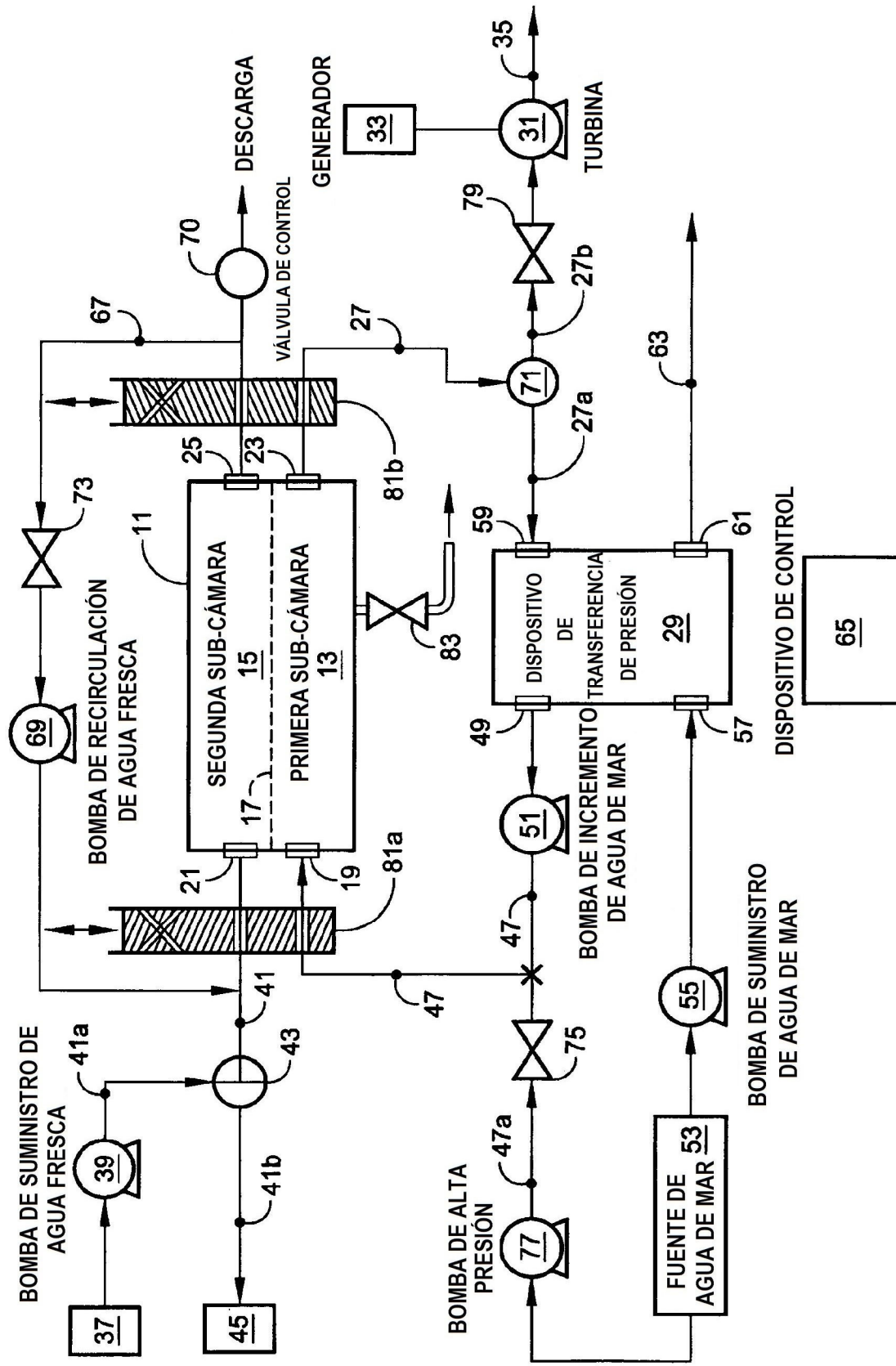


FIG. 2

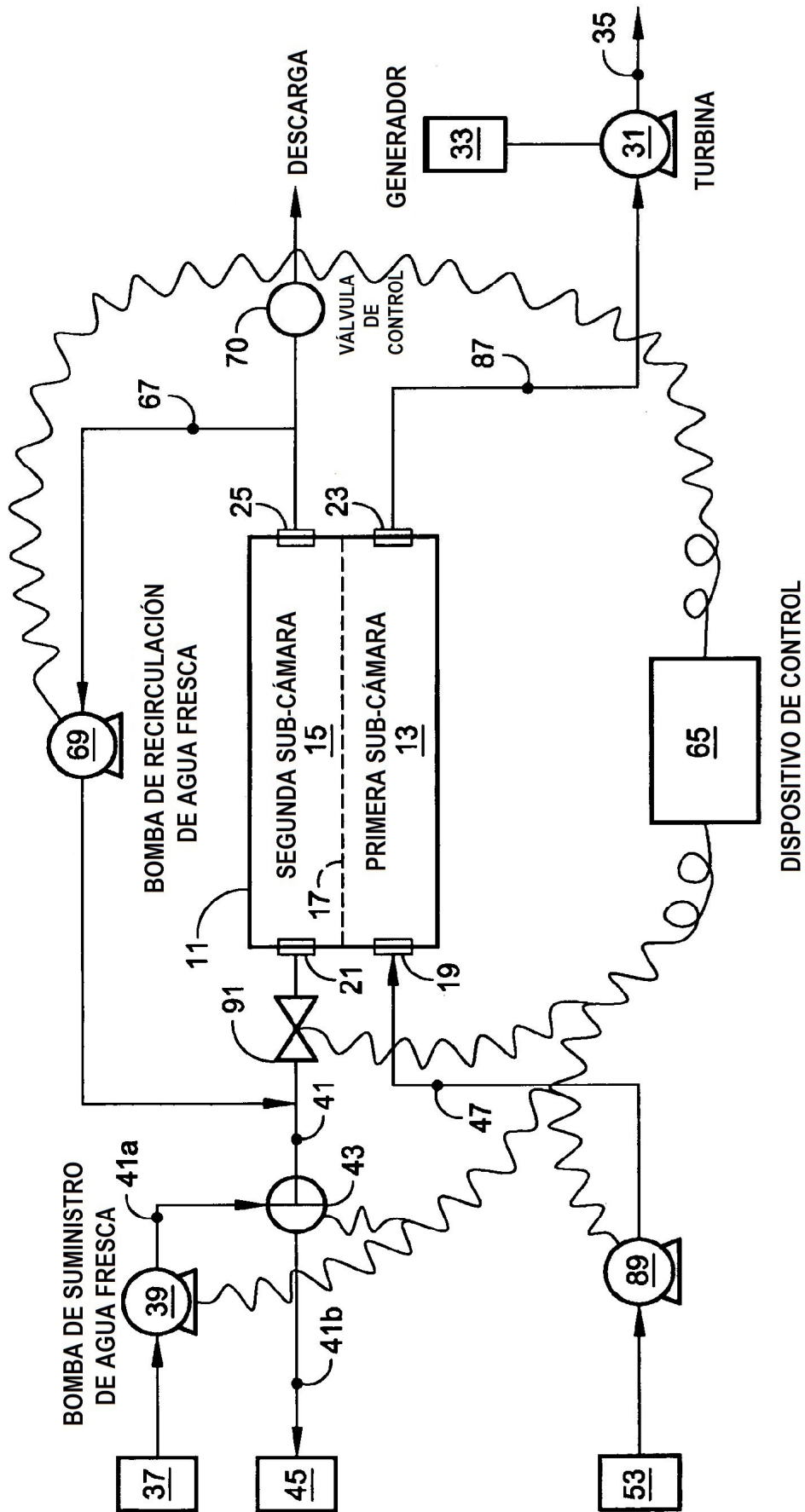


FIG. 3