

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 386**

51 Int. Cl.:

C02F 1/44 (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01)
B01D 61/08 (2006.01)
B01D 61/06 (2006.01)
B01D 61/10 (2006.01)
F03B 13/20 (2006.01)
B01D 61/04 (2006.01)
C02F 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.06.2017 PCT/CA2017/050715**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **14.12.2017 WO17210800**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2017 E 17809513 (9)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2022 EP 3468921**

54 Título: **Sistema y método para la desalinización de agua por ósmosis inversa**

30 Prioridad:

10.06.2016 US 201662348431 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.11.2022

73 Titular/es:

**ONEKA TECHNOLOGIES (100.0%)
3000 boul. de l'Université
Sherbrooke, Québec J1K 0A5, CA**

72 Inventor/es:

**LAFORTUNE, RENAUD y
TUTIC, DRAGAN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 927 386 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 y método para la desalinización de agua por ósmosis inversa

Campo técnico

5 La presente tecnología se refiere a sistemas y métodos para la desalinización de agua por ósmosis inversa. Más específicamente, la presente tecnología proporciona sistemas y métodos que usan energía convertida a partir de las olas del mar para la desalinización de agua por ósmosis inversa.

Antecedentes

10 La desalinización del agua de mar se puede lograr por muchos métodos. La ósmosis inversa (RO) ha ganado popularidad desde la década de 1970 y ahora es más común. El proceso funciona bombeando agua de mar a alta presión dentro de membranas semi permeadas. Cuando la presión es superior a la presión osmótica del fluido, se produce agua desalada.

15 La figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema RO 10 que se usa comúnmente en la industria de la desalinización. Como puede verse, el agua de mar es bombeada desde el mar por una bomba de baja presión 12 a través de los filtros 14. La bomba de baja presión 12 es accionada por un motor eléctrico o un motor 16. Desde los filtros 14, el agua de mar filtrada es bombeada por una bomba de alta presión 18 a través de un conjunto de un dispositivo de suavizado de flujo y una válvula 20. La bomba de alta presión 18 es impulsada por un motor eléctrico o un motor 22. Desde el conjunto 20, el agua de mar filtrada luego fluye a través de membranas de RO 24 que dividen el agua de mar de entrada en permeado (agua desalada) y salmuera (concentrado con mayor contenido de sal que el agua de mar). El permeado se almacena hasta que sea necesario utilizarlo. Desde las membranas RO 24, la salmuera fluye a través del conjunto 20 y luego a través de un dispositivo de recuperación de energía (ERD) 26. La ERD 26 ayuda a hacer funcionar la bomba de alta presión 18 usando energía del flujo de salmuera. Desde La ERD 26, la salmuera se devuelve al mar.

20 El flujo dentro de las membranas RO 24 debe ser suficiente para evitar la obstrucción que conduce a un bajo rendimiento (baja producción de permeado). La relación entre el flujo de permeado y el agua de mar de entrada se mantiene normalmente entre el 20 y el 25 % para evitar obstrucciones y usar menos limpiezas químicas. El flujo de salmuera representa del 75 al 80% del flujo de agua de mar de entrada. La energía perdida en la salmuera presurizada es por lo tanto importante porque esta energía corresponde al flujo de salmuera multiplicado por la presión. Hay una caída de presión baja a lo largo de las membranas, por lo que la pérdida de energía de los desechos de salmuera presurizada es más significativa que la energía para desalinizar el agua de mar.

25 El desperdicio de energía del flujo de salmuera presurizada ha dado lugar a innovaciones denominadas ERD, como la ERD 26 descrita anteriormente. Esto ahorra energía para todo el proceso de desalinización y reduce el coste de la energía necesaria para accionar las bombas de RO, como las bombas 12 y 18 descritas anteriormente. La figura 1 muestra que la ERD 26 está conectada hidráulicamente a la descarga de salmuera de las membranas RO 24 para recuperar la presión de la salmuera. La ERD 26 está conectada mecánicamente, por un eje de transmisión por ejemplo, a la bomba de alta presión 18 para transmitir potencia a la bomba de alta presión 18. Como resultado, el motor eléctrico o motor 22 tiene que transmitir menos par a la bomba de alta presión 18 que si no se proporcionara la ERD 26 y, por lo tanto, funciona con menos energía. También se conocen otras disposiciones de ERD en sistemas de desalinización por ósmosis inversa.

30 Como puede verse en la figura 1, todos los componentes anteriores se proporcionan en tierra, excepto la entrada de agua de mar y la descarga de salmuera que deben ubicarse fuera de la costa. Sin embargo, esta disposición de componentes en tierra y fuera de la costa aumenta el costo de la complejidad del sistema.

35 Aunque se ha logrado un progreso significativo para ahorrar energía, el costo de la energía aún representa, en general, más de la mitad del costo de producción de permeado a partir de agua de mar en los sistemas RO. Esta cifra es aún peor en los pequeños sistemas de ósmosis inversa diseñados para pequeñas comunidades o complejos turísticos que a menudo usan generadores diésel para proporcionar electricidad a una tarifa más alta. La dependencia del gasóleo es una molestia para muchas comunidades remotas, ya que dependen de suministros externos y no tienen control sobre la fluctuación del precio del gasóleo.

40 Las energía eólicas y solares también se utilizan para desalinizar el agua de mar. Sin embargo, esto representa solo una pequeña fracción de la capacidad instalada total. Al igual que los sistemas de ósmosis inversa basados en generadores diésel, las energía eólicas y solares requieren muchos pasos de conversión de energía. Todas estas conversiones aumentan la cantidad de componentes en el sistema de desalinización, aumentan la cantidad de mantenimiento requerido y aumentan el precio inicial del sistema en sí y su operación.

45 Otra fuente de energía renovable es la energía de las olas, que tiene una alta densidad energética. Los convertidores de energía de las olas (WEC) se utilizan a menudo para producir electricidad, pero también para presurizar el agua de mar para su uso en sistemas de desalinización por ósmosis inversa. Las fuerzas en las olas son altas y el agua de mar se puede bombear directamente con dispositivos relativamente pequeños. En la Publicación de Patente Internacional N° WO 2013/003184 A2, publicada el 3 de enero, 2013, a nombre de Atmocean Inc., y la Publicación de Patente Internacional N° WO 2009/055884 A1, publicada el 7 de mayo, 2009, a nombre de Seahorse Wave Energy -

Energía Das Olas S/A. Los sistemas que utilizan la energía de las olas para bombear agua de mar a través de las membranas de ósmosis inversa a veces se denominan convertidores de energía de las olas de ósmosis inversa (RO WEC).

5 Sería ventajoso tener un RO WEC que esté diseñado para reducir la cantidad de componentes. Se conocen algunos RO WEC con ERD integrados directamente en la bomba (o cilindro hidráulico). Por ejemplo, la Publicación de Patente Internacional N° WO 2014/100674 A1, publicada el 26 de junio, 2014, a nombre de Resolute Marine Energy Inc., revela un cilindro hidráulico bidireccional integrado con ERD donde un cilindro hidráulico integra una bomba de una vía con ERD.

10 El documento CN103214063B describe un dispositivo de desalinización de agua de mar de accionamiento directo de energía oceánica que comprende un dispositivo de pre filtración de agua de mar, un dispositivo de muestreo de energía oceánica, un dispositivo de almacenamiento de energía de agua de mar, un dispositivo de ósmosis inversa y un controlador, en el que el dispositivo de pre filtración de agua de mar, el dispositivo de muestreo de energía oceánica, el dispositivo de almacenamiento de energía de agua de mar y el dispositivo de ósmosis inversa están conectados secuencialmente a través de tuberías; y el controlador está conectado con el dispositivo de almacenamiento de energía de agua de mar. El dispositivo de pre filtrado de agua de mar realiza un pre tratamiento de filtrado del agua de mar, para filtrar las impurezas, el agua de mar filtrada se convierte en agua de mar a alta presión a través del dispositivo de muestreo de energía oceánica, el agua de mar a alta presión ingresa al dispositivo de almacenamiento de energía de agua de mar a través de tuberías para estabilizar la presión del agua de mar a alta presión, y luego el agua de mar a alta presión ingresa al dispositivo de ósmosis inversa para desalinizar el agua de mar.

20 Sin embargo, la naturaleza cíclica de las olas las hace intermitentes, y esta intermitencia no permite que la energía de las olas se use directamente con las membranas RO. Muchos WEC funcionan de forma bidireccional para que la producción de energía o agua sea más constante. Otros WEC son de una vía, por lo que la fase de bombeo se limita a un máximo de medio período de ola. Esto conduce a un bombeo intermitente que no es adecuado para el uso directo del sistema RO comercial.

25 Para proteger las membranas RO de obstrucciones y reducir el mantenimiento, es deseable la filtración del agua de mar antes de que entre en las membranas RO. Para reducir la frecuencia de mantenimiento y aumentar la vida útil de los filtros provistos en un WEC de ósmosis inversa, sería deseable proporcionar un sistema de retro lavado automatizado para los filtros. Sin embargo, la mayoría de los sistemas existentes requieren una bomba auxiliar que debe ser alimentada. Esto aumenta la complejidad y el costo del RO WEC, especialmente porque tener componentes eléctricos fiables en un entorno acuático es un desafío.

30 Los WEC de reacción automática han suscitado mucho interés porque no necesitan grandes estructuras como pilotes, grandes anclas de gravedad o perforaciones de alta resistencia en el lecho marino. Solo necesitan anclajes para mantener el dispositivo siempre en la misma ubicación general. Además, las fuerzas generadas dentro del WEC auto reactivo para producir trabajo útil son significativas.

35 Un WEC puede resonar con la ola o no. Para hacerlo resonante, un WEC generalmente necesita una gran masa, un amplio rango de movimiento o control activo. Sin embargo, estas tres soluciones añaden costes, complejidad y/o volumen significativos al dispositivo.

40 Además, los WEC generalmente requieren que se instalen y mantengan muchos equipos a lo largo de los años. Por lo general, se requieren botes y cabrestantes bien equipados. Esto hace que la logística de instalar un WEC sea compleja y costosa. Como tal, si el sistema se va a utilizar en un área remota, es poco probable que los usuarios puedan beneficiarse del uso de un RO WEC.

Un aparato relativamente ligero facilitaría el montaje, la instalación y el transporte del WEC. Los anclajes del WEC son a veces las partes más pesadas de todo el sistema. Los WEC auto reactivos son ligeros por lo que no necesitan un sistema de anclaje operativo para producir energía o agua (RO-WEC).

45 **Resumen**

Es un objeto de la presente tecnología mejorar al menos algunos de los inconvenientes presentes en la técnica anterior.

Según la presente invención, se proporciona un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa, RO, según la reivindicación 1. El sistema incluye un subsistema de ósmosis inversa que está conectado mecánicamente a un convertidor de energía accionado por las olas del mar. En algunas realizaciones, el sistema de desalinización incluye un subsistema de pre filtración que funciona con presión negativa o positiva y podría incluir un sistema de auto lavado.

55 La tecnología actual linealiza la presión y el flujo al mismo tiempo dentro de una membrana RO usando una pequeña cantidad de componentes. Esto permite la integración de membranas de ósmosis inversa, comerciales dentro del sistema de modo que se conserve la integridad estructural y el rendimiento. Además, como el flujo de alimentación de agua de mar se mantiene generalmente constante, se necesita un número menor de membranas RO para una capacidad de producción de agua dada, ya que la linealización de la presión evita que se exceda el límite de flujo de

la membrana RO. Exceder el límite de flujo de la membrana RO podría provocar daños en la membrana RO que luego requerirán reemplazo. Esto conduce a un menor costo de producción de permeado.

5 La presente tecnología proporciona un sistema para la desalinización de agua por proceso de ósmosis inversa mediante el uso de un convertidor de energía de las olas. La energía de las olas se convierte en energía mecánica para bombear agua con un cilindro hidráulico. El agua a presión es bombeada de forma intermitente y cíclica dentro del sistema hidráulico que contiene membranas RO. El sistema hidráulico aplana el flujo y la presión del agua bombeada intermitentemente para transferirla a las membranas RO. Esto replica las condiciones normales de funcionamiento de las membranas de ósmosis inversa, comerciales dentro de las plantas normales de desalinización.

10 Algunas de las realizaciones del RO WEC presentadas aquí son de una vía, de modo que bombean solo en una dirección cuando aumenta la altura de la ola. Esto es más intermitente que un WEC bidireccional, ya que no hay bombeo dentro del subsistema de desalinización por ósmosis inversa durante la mitad del período de la ola. Sin embargo, existen muchas ventajas en el uso de un punto absorbente WEC de una vía, ya que los acopladores mecánicos pueden trabajar solo en tensión y no necesitan una gran estructura para soportar las fuerzas de compresión, sino solo un cable o cuerda.

15 Un sistema adecuado para la comercialización debe ser simple y fácil de operar. Como tales, las realizaciones de los sistemas presentados en este documento no son resonantes y tienen un volumen y un peso pequeños en comparación con otros sistemas. Las realizaciones del RO WEC de una vía que se presentan en este documento son simples al tener una pequeña cantidad de componentes, livianas al tener una estructura en tensión y un miembro de reacción liviano y pueden instalarse y retirarse fácilmente del mar. Al tener un RO WEC flotante, se puede remolcar en el mar para instalarlo, recuperarlo y mantenerlo fácilmente. Además, un RO WEC flotante brinda fácil acceso a las piezas provistas en el flotador para mantenimiento y diagnóstico.

20 En algunas realizaciones, una unidad de bombeo accionada por las olas tiene un flotador y un elemento de reacción o placa de arrastre. El movimiento relativo entre el flotador y la placa de arrastre crea una acción de bombeo dentro del sistema hidráulico. El subsistema utilizado para la desalinización se fija sobre la estructura del RO WEC y el agua desalada (permeado) se lleva a tierra con una tubería. Como el permeado que sale de la membrana RO tiene una presión superior a la presión atmosférica, la diferencia de presión hace que el permeado se bombee automáticamente hacia la costa.

25 En algunas realizaciones, el sistema hidráulico incluye un subsistema de pre filtración que usa solo la energía de las olas para funcionar. Se proporciona un sistema de retro lavado, también alimentado por olas, para limpiar los prefiltros y reducir la frecuencia de mantenimiento.

30 Todo el sistema, a excepción de la parte de la tubería que se extiende hasta la costa, se instala fuera de la costa para tener una frecuencia de ola suficiente para alimentar el WEC para que recupere suficiente energía para alimentar el subsistema de desalinización RO. Esto permite una alimentación de agua de mar relativamente barata y de buena calidad y una ubicación adecuada para la descarga de salmuera. Solo se necesita la tubería utilizada para transportar el permeado a la costa en las realizaciones del presente RO WEC. Como se entenderá, esto es ventajoso sobre los sistemas como el descrito en la figura 1 anterior que requieren dos tuberías: una para llevar agua de mar desde el mar al sistema y otra para devolver la salmuera al mar. Además, la tubería única para permeado de las presentes realizaciones tiene un diámetro más pequeño que cualquiera de las tuberías del sistema de la figura 1. Para una relación de recuperación del 20 % (es decir, el 20 % del agua de mar alimentada al sistema se convierte en permeado) donde los sistemas presente y de la técnica anterior producen permeado al mismo ritmo, la tubería de permeado de las presentes realizaciones transporta una quinta parte del agua transportada por la tubería de alimentación de agua de mar y una cuarta parte del agua transportada por la tubería de salmuera del sistema de la técnica anterior se muestra en la figura 1 y, por lo tanto, puede ser proporcionalmente menor. Además, en algunas realizaciones, la presión del permeado que fluye en la tubería es mucho más baja que en sistemas como los descritos anteriormente (6 kg/cm² frente a 133 a 200 kg/cm² (100 psi frente a 2000 a 3000 psi)). Esta presión más baja permite el uso de un tipo de tubería menos costosa.

35 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el sistema accionado por olas también tiene al menos una válvula. La al menos una válvula conecta selectivamente hidráulicamente el puerto de escape de salmuera con la segunda cámara de volumen variable. La al menos una válvula conecta selectivamente hidráulicamente la segunda cámara de volumen variable con la descarga de salmuera. Durante la primera carrera, la al menos una válvula conecta hidráulicamente el puerto de escape de salmuera con la segunda cámara de volumen variable para suministrar salmuera desde el puerto de escape de salmuera a la segunda cámara de volumen variable. Durante la segunda carrera, la al menos una válvula conecta hidráulicamente la segunda cámara de volumen variable con la descarga de salmuera para suministrar salmuera desde la segunda cámara de volumen variable a la descarga de salmuera.

55 En algunas realizaciones de la presente tecnología, la al menos una válvula es una válvula de tres vías que tiene un primer puerto de flujo conectado hidráulicamente al puerto de escape de salmuera, un segundo puerto de flujo conectado hidráulicamente a la descarga de salmuera y un tercer puerto de flujo conectado hidráulicamente a la segunda cámara de volumen variable.

- 5 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el cilindro hidráulico también tiene: una primera varilla conectada al pistón, estando conectada la primera varilla a la del flotador y el elemento de reacción que está conectado al pistón, extendiéndose la primera varilla en la primera cámara de volumen variable; y una segunda varilla conectada al pistón y que se extiende en la segunda cámara de volumen variable, teniendo la segunda varilla un diámetro mayor que la primera varilla.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el cilindro hidráulico también tiene un resorte dispuesto en una de las cámaras de volumen variable primera y segunda.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el flotador es un primer flotador. El subsistema WEC también tiene un segundo flotador conectado al del cuerpo del cilindro y el pistón conectado al miembro de reacción.
- 10 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el elemento de reacción es una placa de arrastre.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el elemento de reacción es un conjunto de peso muerto.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el subsistema de desalinización por ósmosis inversa también tiene un dispositivo de suavizado de presión (PSD) conectado hidráulicamente entre el puerto de escape de salmuera y la descarga de salmuera. El PSD acumula salmuera durante la primera carrera y libera salmuera durante la segunda
- 15 carrera.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el PSD es un acumulador.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el cilindro hidráulico es un primer cilindro hidráulico, el cuerpo del cilindro es un primer cuerpo del cilindro y el pistón es un primer pistón. El FSD tiene: un segundo cilindro hidráulico que tiene un segundo cuerpo de cilindro y un segundo pistón recibido deslizantemente en el segundo cuerpo de
- 20 cilindro, el segundo pistón y el segundo cuerpo de cilindro definen una tercera cámara de volumen variable en un primer lado del segundo pistón y una cuarta cámara de volumen variable en un segundo lado del segundo pistón, estando el segundo lado opuesto al primer lado, estando la tercera cámara de volumen variable conectada hidráulicamente selectivamente a la primera cámara de volumen variable y conectada hidráulicamente al puerto de entrada de agua de mar, y estando la cuarta cámara de volumen variable conectada hidráulicamente al puerto de escape de salmuera. Durante la primera carrera, se suministra agua de mar desde la primera cámara de volumen variable a la tercera cámara de volumen variable. Durante la segunda carrera, se suministra agua de mar desde la
- 25 tercera cámara de volumen variable a la celda RO a través del puerto de entrada de agua de mar.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el subsistema de desalinización por ósmosis inversa RO también tiene un dispositivo de suavizado de presión (PSD) conectado hidráulicamente entre el puerto de escape de salmuera y la cuarta cámara de volumen variable. El PSD acumula salmuera durante la primera carrera y suministra salmuera a la cuarta cámara durante la segunda carrera.
- 30 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el sistema accionado por olas también tiene un subsistema de prefiltros. El subsistema de prefiltro tiene al menos un prefiltro conectado hidráulicamente entre la toma de agua de mar y la primera cámara de volumen variable.
- 35 En algunas realizaciones de la presente tecnología, una válvula de una vía está conectada hidráulicamente entre la toma de agua de mar y la primera cámara de volumen variable. La válvula de una vía impide el flujo de agua de mar desde la entrada de agua de mar a la primera cámara variable a través del al menos un prefiltro durante la primera carrera. La válvula de una vía permite el flujo de agua de mar desde la entrada de agua de mar a la primera cámara variable a través del al menos un prefiltro durante la segunda carrera.
- 40 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el cilindro hidráulico es un primer cilindro hidráulico, el cuerpo del cilindro es un primer cuerpo del cilindro y el pistón es un primer pistón. El subsistema de prefiltro también tiene: un segundo cilindro hidráulico que tiene un segundo cuerpo de cilindro y un segundo pistón alojado de forma deslizante en el segundo cuerpo de cilindro, estando conectados uno del segundo cuerpo de cilindro y el segundo pistón al flotador, estando conectados otro del segundo pistón y el segundo pistón al elemento de reacción, definiendo el
- 45 segundo pistón y el segundo cuerpo del cilindro una tercera cámara de volumen variable, estando conectada hidráulicamente la tercera cámara de volumen variable selectivamente a la entrada de agua de mar, y estando conectada hidráulicamente la tercera cámara de volumen variable al al menos un prefiltro para suministrar agua de mar al al menos un prefiltro durante una de las carreras primera y segunda.
- En algunas realizaciones de la presente tecnología, el subsistema de prefiltro también tiene una válvula que comunica hidráulicamente selectivamente el al menos un prefiltro con una de la segunda cámara de volumen variable, el puerto de escape de permeado y un acumulador. Cuando la válvula se abre, el agua fluye desde la segunda cámara de volumen variable, el puerto de escape de permeado y el acumulador a través del al menos un prefiltro para retro lavar el al menos un prefiltro.
- 50 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el subsistema de prefiltro también tiene un acumulador conectado hidráulicamente entre el al menos un prefiltro y la primera cámara de volumen variable.
- 55

En algunas realizaciones de la presente tecnología, un acumulador está conectado hidráulicamente de forma selectiva a la primera cámara de volumen variable. El acumulador suministra agua a la primera cámara de volumen variable durante la segunda carrera.

5 En algunas realizaciones de la presente tecnología, el cuerpo del cilindro del cilindro hidráulico del subsistema WEC está conectado al flotador, el pistón del cilindro hidráulico del subsistema WEC está conectado al miembro de reacción, la primera cámara de volumen variable es una cámara inferior, la segunda cámara de volumen variable es una cámara superior, la primera carrera es una carrera hacia arriba, la primera dirección es una dirección hacia arriba, la segunda carrera es una carrera hacia abajo; y la segunda dirección es una dirección hacia abajo.

10 En algunas realizaciones de la presente tecnología, durante la primera carrera, suministrar salmuera desde el puerto de escape de salmuera comprenden suministrar salmuera desde el puerto de escape de salmuera a una segunda cámara de volumen variable del cilindro hidráulico. El método comprende además suministrar salmuera desde la segunda cámara de volumen variable a una descarga de salmuera durante la segunda carrera.

15 Cada una de las realizaciones de la presente tecnología tiene al menos uno de los objetos y/o aspectos mencionados anteriormente, pero no necesariamente los tiene todos. Debe entenderse que algunos aspectos de la presente tecnología que han resultado del intento de lograr el objeto antes mencionado pueden no satisfacer este objeto y/o pueden satisfacer otros objetos no enumerados específicamente en este documento.

Características, aspectos y ventajas adicionales y/o alternativas de las realizaciones de la presente tecnología se harán evidentes a partir de la siguiente descripción, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

20 Para una mejor comprensión de la presente tecnología, así como de otros aspectos y características adicionales de la misma, se hace referencia a la siguiente descripción que se utilizará junto con los dibujos adjuntos, donde:

La figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de desalinización de agua por ósmosis inversa de la técnica anterior;

25 La figura 2 es una ilustración esquemática de un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa;

La figura 3 es una ilustración esquemática de una realización alternativa de un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa;

La figura 4 es una ilustración esquemática de una realización alternativa de un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa;

30 La figura 5A ilustra la oscilación del flotador, el flujo a través del subsistema de desalinización por ósmosis inversa y el flujo a través del cilindro hidráulico del sistema de la figura 2 en comparación con la altura de las olas;

La figura 5B ilustra la oscilación del flotador, el flujo a través del subsistema de desalinización por ósmosis inversa y el flujo a través del cilindro hidráulico del sistema de la figura 3 en comparación con la altura de las olas;

35 La figura 6A es una ilustración esquemática de una realización de un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa del tipo ilustrado en la figura 2 al comienzo de un movimiento ascendente;

La figura 6B es una ilustración esquemática del sistema accionado por olas de la figura 6A al comienzo de una carrera descendente;

40 La figura 6C ilustra una configuración de una válvula de tres vías del subsistema de desalinización por ósmosis inversa del sistema accionado por olas de la figura 6A durante la carrera ascendente ilustrada en la figura 6A;

La figura 6D ilustra una configuración de la válvula de tres vías de la figura 6C durante la carrera descendente ilustrada en la figura 6B;

La figura 7 es una ilustración esquemática de una realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 6A durante una carrera descendente;

45 La figura 8 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa del tipo ilustrado en la figura 4 durante una carrera descendente;

La figura 9 es una ilustración esquemática de una realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 8 durante una carrera descendente;

50 La figura 10 es una ilustración esquemática de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 8 durante una carrera descendente;

La figura 11 es una ilustración esquemática de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 6A durante una carrera descendente;

La figura 12 es una ilustración esquemática de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 6A durante una carrera descendente;

5 La figura 13 es una ilustración esquemática de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 8 durante una carrera descendente;

La figura 14 es una ilustración esquemática de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 8 durante una carrera descendente;

10 La figura 15 es una ilustración esquemática de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 6A durante una carrera descendente;

La figura 16 es un alzado lateral de otra realización alternativa del sistema accionado por olas de la figura 6A durante una carrera descendente;

La figura 17 es una ilustración esquemática del sistema accionado por olas de la figura 16 durante una carrera ascendente;

15 La figura 18 es una vista en alzado lateral esquemática del sistema accionado por olas de la figura 6A instalado en el mar;

Las figuras 19A a 19C son vistas en alzado lateral esquemáticas de varias disposiciones alternativas de los subsistemas del sistema accionado por olas de la figura 6A;

20 Las figuras 20A y 20B ilustran dos pasos de un método posible para instalar y retirar la disposición del sistema accionado por olas de la figura 19C; y

La figura 21 ilustra la disposición del sistema accionado por las olas de la figura 19C hundido en el lecho marino para la protección del sistema accionado por las olas durante una tormenta.

Descripción detallada

25 Con referencia a la figura 2, un sistema 50 accionado por olas convierte y usa la energía de las olas para desalinizar agua por ósmosis inversa. Como se puede ver, el sistema 50 se divide en tres subsistemas: el subsistema de desalinización por ósmosis inversa (RO) 52, el subsistema convertidor de energía de las olas (WEC) 54 y el subsistema de prefiltro 56. Varias realizaciones de cada uno de estos subsistemas serán descritas con más detalle a continuación.

En el sistema 50, la energía de las olas se convierte durante una fase del período de la ola (por ejemplo, elevación hacia arriba para un punto de absorción).

30 El subsistema WEC 54 tiene un flotador 58 que está conectado a un cilindro hidráulico de una vía 60 para transmitir la fuerza de las olas al cilindro hidráulico 60. El cilindro hidráulico 60 también está unido a un miembro de reacción, que en la presente realización es una placa de arrastre 62. La placa de arrastre 62 resiste el movimiento, mientras que el flotador 58 cabalga en las olas hacia arriba y hacia abajo. El movimiento relativo entre el flotador 58 y la placa de arrastre 62 genera un bombeo de agua de mar a alta presión dentro del cilindro hidráulico de una vía 60, como se describirá con más detalle a continuación. En la presente realización, la energía de las olas se convierte durante una fase del período de las olas. Desde el cilindro hidráulico 60, el agua de mar presurizada fluye luego hacia el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 52. Se contempla que podría proporcionarse más de un cilindro hidráulico 60.

40 El subsistema de desalinización RO 52 produce agua dulce, denominada en el presente documento permeado. El subsistema de desalinización RO 52 tiene una celda RO 64 que contiene una membrana RO 66. Se contempla que se podrían usar múltiples celdas RO 64 y que cada celda RO 64 podría contener más de una membrana RO 66. La celda RO 64 tiene tres puertos: un puerto de entrada de agua de mar 68, un puerto de escape de salmuera 70 y un puerto de escape de permeado 72. El agua de mar del cilindro hidráulico 60 ingresa a la celda RO 64 por el puerto de entrada de agua de mar 68. El agua de mar se separa en permeado y salmuera dentro de la celda RO 64 por la membrana RO 66. El permeado sale de la celda RO 64 por el puerto de escape de permeado 72 y fluye hacia la costa dentro de una tubería (no mostrada) donde se usa o almacena. La salmuera sale de la celda RO 64 por el puerto de escape de salmuera 72.

50 El flujo de entrada de agua de mar a través del puerto de entrada de agua de mar 68 es igual al flujo de escape de salmuera a través del puerto de escape de salmuera 70 más el flujo de escape de permeado a través del puerto de escape de permeado 72. En algunas realizaciones, el flujo de escape de permeado a través del puerto de escape de permeado 72 se ajusta a aproximadamente el 20 % del flujo de entrada de agua de mar a través del puerto de entrada de agua de mar 68.

Un conjunto de un dispositivo de suavizado de flujo y válvula 74 está conectado hidráulicamente al puerto de entrada

de agua de mar 68 y al puerto de escape de salmuera 70 de la celda RO 64. Un dispositivo de suavizado de presión (PSD) 76 está conectado hidráulicamente al conjunto 74 entre el conjunto 74 y el cilindro hidráulico 60. El cilindro hidráulico 60 suministra agua de mar a la celda RO 64 durante una fase del período de las olas. El conjunto 74 y el PSD 76 trabajan juntos para acumular agua de mar durante esta fase del período de olas y luego hacen que el agua de mar acumulada fluya para ingresar a la celda RO 64 por el puerto de entrada de agua de mar 68 durante la otra fase del período de olas (es decir, cuando el cilindro hidráulico 60 no está suministrando agua de mar a la celda RO 64). Como resultado, el flujo de agua de mar al puerto de entrada de agua de mar 68 de la celda RO 64 se regula a un flujo y una presión más constantes que si se suministrara agua de mar al puerto de entrada de agua de mar 68 de la celda RO 64 solo durante la fase del período de las olas en la que el cilindro hidráulico 60 suministra agua de mar. Esto imita el funcionamiento de la membrana RO 66 donde el flujo de entrada y la presión de entrada son constantes, como cuando se suministra mediante una bomba de alta presión como la bomba 18 descrita anteriormente, y por lo tanto permite la integración de membranas RO disponibles comercialmente. Las realizaciones del conjunto 74 y el PSD 76 se describirán con más detalle a continuación.

Desde el subsistema de desalinización RO 52, la salmuera a alta presión ingresa a una segunda cámara del cilindro hidráulico de una vía 60. La presión aplicada por la salmuera a alta presión dentro del cilindro hidráulico 60 produce trabajo que es útil para reducir la fuerza necesaria del subsistema WEC 54 y en consecuencia, reduce el requisito de energía del sistema 50. Desde la segunda cámara, la salmuera se descarga al mar a través de una descarga de salmuera 78. Esto se describirá con más detalle a continuación.

Los subsistemas de prefiltro 56 evitan que partículas grandes y pequeñas entren en los componentes hidráulicos del subsistema WEC 54 y el subsistema de desalinización RO 52. Múltiples prefiltros 80 están dispuestos en serie aguas abajo de la entrada de agua de mar 82. Se contemplan otras disposiciones de los prefiltros 80. También se contempla que podría usarse un solo prefiltro 80. Como se muestra en la figura 2, los prefiltros 80 están conectados al cilindro hidráulico de una vía 60. El cilindro hidráulico 60 succiona agua de mar desde la toma de agua de mar 82 a través de los prefiltros 80 durante una fase del período de olas. En la presente realización y las realizaciones descritas a continuación, donde los prefiltros 80 se sitúan bajo el agua, la caída de presión total a través de los prefiltros 80 es menor que la suma de la presión atmosférica y la presión hidrostática de la columna de agua. Por ejemplo, en una realización donde los prefiltros y la primera cámara del cilindro hidráulico 60 que recibe el agua de mar de los prefiltros se sitúan a una profundidad de diez metros, es posible una caída de presión a través de los prefiltros 80 de 1 bar (es decir, la presión hidrostática). En tal realización, la caída de presión a través de los prefiltros 80 puede duplicar el valor cuando los prefiltros 80 se sitúan por encima de la superficie del mar. Se contempla que el subsistema de prefiltro 56 podría omitirse.

La figura 3 ilustra un sistema 50' accionado por olas que es una realización alternativa del sistema 50 descrito anteriormente. Para simplificar, los componentes del sistema 50' que son similares a los del sistema 50 descrito anteriormente se han etiquetado con los mismos números de referencia y no se describirán de nuevo. El sistema 50' tiene el subsistema de desalinización RO 52 y el subsistema de prefiltro 54 del sistema 50, pero el subsistema WEC 54 del sistema 50 ha sido reemplazado por un subsistema WEC 54'. El subsistema WEC 54' tiene el flotador 58 y el plato de arrastre 62 como los del subsistema WEC 54, pero el cilindro hidráulico de una vía 60 ha sido reemplazado por un cilindro hidráulico bidireccional 60'. Como resultado, la energía de las olas se convierte durante dos fases secuenciales del período de las olas. Se contempla que podría proporcionarse más de un cilindro hidráulico bidireccional 60'.

La figura 4 ilustra un sistema 50" accionado por olas que es una realización alternativa del sistema 50 descrito anteriormente. Para simplificar, los componentes del sistema 50" que son similares a los del sistema 50 descrito anteriormente se han etiquetado con la misma referencia numérica y no se volverá a describir. El sistema 50" tiene el subsistema de desalinización RO 52 del sistema 50, pero el subsistema WEC 54 y el subsistema de prefiltro 56 del sistema 50 han sido reemplazados por un subsistema WEC 54" y un subsistema de prefiltro 56". El subsistema WEC 54" tiene el flotador 58 y la placa de arrastre 62 como los del subsistema WEC 54, y un cilindro hidráulico 60". En una realización, el cilindro hidráulico 60" es un cilindro hidráulico de una vía como el cilindro 60 del sistema 50. En otra realización, el cilindro hidráulico 60" es un cilindro hidráulico bidireccional como el cilindro 60' del sistema 50'. El subsistema WEC 54" también incluye el subsistema de prefiltro 56". El prefiltro 56" incluye prefiltros 80" de presión positiva y bomba lineal de cilindro hidráulico 81". Los prefiltros 80" están conectados hidráulicamente aguas arriba del cilindro hidráulico 60". La bomba lineal de cilindro hidráulico 81" está conectada hidráulicamente entre los prefiltros 80" y la entrada de agua de mar 82. Al igual que el cilindro hidráulico 60", la bomba lineal de cilindro hidráulico 81" está conectada entre el flotador 58 y la placa de arrastre 62. El cilindro hidráulico 60" y la bomba lineal hidráulica 81" se mueven juntos. El movimiento relativo entre el flotador 58 y la placa de arrastre 62 genera un bombeo de agua de mar a baja presión dentro de la bomba lineal de cilindro hidráulico 60". El agua de mar bombeada por la bomba lineal de cilindro hidráulico 60" se suministra a los prefiltros 80", y una vez filtrada, al cilindro hidráulico 60". La presión del agua dentro de la bomba lineal del cilindro hidráulico 60" es menor que la presión del agua dentro del subsistema de desalinización por ósmosis inversa 52, pero es mayor que la presión en los prefiltros de presión positiva 80". El uso de prefiltros de presión positiva de 80" permite una mayor caída de presión a través de los prefiltros 80" en comparación con los prefiltros de presión negativa (vacío). Esto permite utilizar una gama más amplia de prefiltros comercialmente disponibles en el subsistema de prefiltro 56".

Las figuras 5A y 5B proporcionan una comparación de la tasa de flujo de bombeo intermitente del cilindro hidráulico

de una vía 60 del sistema 50 de la figura 2 y del cilindro hidráulico bidireccional 60' del sistema 50' de la figura 3 respectivamente. A efectos de comparación, la tasa de flujo medio se ha igualado en ambas realizaciones. Como tal, como puede verse comparando las figuras 5A y 5B, la tasa de flujo instantáneo máximo 84 del cilindro hidráulico de una vía 60 es aproximadamente el doble de la tasa de flujo instantáneo máximo 86 del cilindro hidráulico bidireccional 60', pero el cilindro hidráulico bidireccional 60' tiene el doble de picos de tasa de flujo que el cilindro hidráulico 60 durante el mismo período de tiempo. Obsérvese que, para mayor claridad, sólo se ha etiquetado en las figuras una de cada tasa de flujo instantáneo máximo 84 y 86.

Los subsistemas WEC 54 y 54' no bombean agua durante ciertos periodos de tiempo. Estos períodos de tiempo varían según el diseño específico del sistema. Esto se debe a lo que aquí se denomina "efecto de enganche" del subsistema de desalinización RO 52. El efecto de bloqueo se crea por la presión dentro del subsistema de desalinización RO 52 durante el funcionamiento del subsistema WEC 54 o 54' en las olas. La fuerza creada por el flotador 58 y la placa de arrastre 62 sobre el cilindro hidráulico 60 o 60' tiene que ser suficiente para superar la presión en el subsistema de desalinización RO 52. Hasta que esto ocurra, el flotador 58 está bloqueado en una posición relativamente estable. En otras palabras, hasta que se supere esta fuerza, el flotador 58 se engancha, de ahí el nombre de "efecto de enganche". Durante el enganche, el subsistema de desalinización RO 52 todavía produce permeado y salmuera a partir de agua de mar proporcionada por el conjunto 70 y el PSD 76 descritos anteriormente.

Como se puede ver en la figura 5A, para el cilindro hidráulico de una vía 60, hay un período de enganche 88 antes de la carrera ascendente 90 (solo uno de cada uno está etiquetado para mayor claridad) donde la fuerza se acumula hasta la fuerza requerida para superar la presión en el subsistema de desalinización RO 52. Como se puede ver en la figura 5B, para el cilindro hidráulico bidireccional 60', hay un período de enganche similar 92 antes de la carrera ascendente 94 y un segundo período de enganche 96 (durante el mismo período de ola) antes de la carrera descendente 98 (solo uno de los cuales está etiquetado para mayor claridad). La fuerza hacia abajo se acumula durante la fase de enganche 96 a medida que la elevación de la superficie de la ola desciende y la masa del flotador es suficiente para superar la presión en el subsistema de desalinización RO 52 y luego bombear agua de mar durante la carrera hacia abajo 98. El flujo y la presión en el subsistema de desalinización RO 52 baja durante los periodos de enganche 88, 92 y 96 como puede verse por los segmentos de línea 100, 102, 104 (de los cuales sólo uno de cada uno está etiquetado para mayor claridad). El flujo y la presión en el subsistema de desalinización RO 52 aumentan durante las fases de bombeo 90, 94, 98 como puede verse por los segmentos de línea 106, 108, 110 (solo uno de los cuales está etiquetado para mayor claridad).

El conjunto 74 y PSD 76 compensan los períodos de enganche y, por lo tanto, permiten el uso de bombas intermitentes como el cilindro hidráulico de una vía 60 del subsistema WEC 54. El FSD 74 y PSD 76 pueden conducir a la integración rentable de celdas RO 64 y membranas RO 66 disponible comercialmente limitando y suavizando el flujo de agua de mar en el puerto de entrada de agua de mar 68.

Volviendo ahora a las figuras 6A a 21, se describirán varias realizaciones de un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. Diferentes realizaciones del sistema accionado por olas comparten algunos componentes comunes, o al menos similares. Para simplificar, estos componentes se han etiquetado con los mismos números de referencia en las figuras y sus estructuras y funcionamiento se describirán en detalle solo una vez.

Volviendo ahora a las figuras 6A y 6B, se describirá un sistema 150 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 150 ilustrado es un sistema del tipo generalmente descrito anteriormente con respecto a la figura 2.

El sistema 150 tiene una toma de agua de mar 152 que comunica con el mar (ilustrado por el símbolo del depósito 154). La toma de agua de mar 152 puede estar definida por una tubería, línea de tuberías, manguera o cualquier otro elemento que permita el paso de líquido a su través. Los prefiltros 156 están conectados en serie aguas abajo de la entrada de agua de mar 152. Se contemplan otras disposiciones de los prefiltros 156. También se contempla que podría usarse un solo prefiltro 156. Se contemplan diferentes tipos de prefiltros 156 tales como medios de filtrado, colador, cartucho (5-50 micras) o ultrafiltración (extremo sin salida). Una válvula de una vía 158 está conectada aguas abajo de los prefiltros 156. Un acumulador 160 está conectado entre los prefiltros 156 y la válvula de una vía 158. Los prefiltros 156, la válvula de una vía 158 y el acumulador 160 juntos forman el subsistema de prefiltro 161 del sistema 150. El acumulador 160 se proporciona cuando los prefiltros 156 están sumergidos y se omite cuando los prefiltros están fuera del mar. Se contempla que el acumulador 160 también podría omitirse cuando los prefiltros 156 están sumergidos. También se contempla que una disposición de flujo cruzado de filtros de ultrafiltración también podría integrarse al subsistema de prefiltro 161.

El sistema 150 tiene un subsistema WEC 162. El subsistema WEC 162 tiene un cilindro hidráulico 164, un flotador 166, un miembro de reacción en forma de placa de arrastre 168 y un bastidor 170. Se contempla que podría usarse un miembro de reacción que no sea una placa de arrastre 168.

El cilindro hidráulico 164 tiene un cuerpo de cilindro 172 dentro del cual se aloja de forma deslizante un pistón 174. El cuerpo del cilindro 172 y el pistón 174 definen dos cámaras de volumen variable dentro del cuerpo del cilindro 172: una cámara inferior 176 y una cámara superior 178. La válvula de una vía 158 está conectada hidráulicamente a la cámara inferior 176. El cilindro hidráulico 164 también tiene una varilla inferior 180 y una varilla superior 182. El extremo

superior de la varilla inferior 180 está rígidamente conectado y se extiende hacia abajo desde el lado inferior del pistón 174. El extremo inferior de la varilla inferior 180 está conectado a la placa de arrastre 168 por un conector 184. El conector 184 proporciona una conexión mecánica directa a la placa de arrastre 168. En realizaciones alternativas, el conector 184 puede proporcionar una conexión mecánica rígida, por ejemplo mediante una estructura o bastidor, o una conexión flexible, mediante una cuerda o cadena, por ejemplo. El extremo inferior de la varilla superior 182 está rígidamente conectado y se extiende hacia arriba desde el lado superior del pistón 174. En una realización, el pistón 174 y las varillas 180, 182 están formados integralmente. Como se puede apreciar, la varilla superior 182 tiene un diámetro mayor que la varilla inferior 180 por razones que se explican con mayor detalle a continuación. Se contempla que podrían proporcionarse topes de polímero elastómero dentro de las porciones superior e inferior del cuerpo del cilindro 172. Los topes limitan el movimiento del pistón 174 con respecto al cuerpo del cilindro 172 y reducen el impacto entre el pistón 174 y el cuerpo del cilindro 172 al entrar en contacto el pistón 174 con los topes. También se contempla que los topes de polímero elastómero puedan combinarse con amortiguadores de fin de carrera hidráulicos.

Un resorte de tensión 186 está dispuesto dentro de la cámara superior 178 y está conectado entre el pistón 174 y el cuerpo del cilindro 172. El resorte 186 desvía el pistón 174 y el cuerpo del cilindro 172 hacia la posición que se muestra en la figura 6A. Se contempla que en lugar del resorte 186, o además del mismo, podría disponerse un resorte de compresión dentro de la cámara inferior 176 para desviar el pistón 174 y el cuerpo del cilindro 172 hacia la posición que se muestra en la figura 6A. También se contempla que en lugar del resorte 186, o además del mismo, podría conectarse un flotador secundario a la varilla superior 182 para ayudar a mantener el pistón 174 y las varillas 180, 182 en posición durante la carrera descendente. También se contempla que en lugar del resorte 186, o además del mismo, el cilindro hidráulico 164 podría estar provisto de un retorno hidráulico. Por ejemplo, un acumulador podría suministrar agua a presión a la cámara inferior 176 durante la carrera descendente. El retorno hidráulico proporciona una fuerza más constante que el resorte 186, ya que la fuerza del resorte 186 varía con su extensión.

El bastidor 170 conecta el cuerpo cilíndrico 172 al flotador 166 a través de un conector 188. En una realización, el conector 188 proporciona al menos dos grados de libertad de giro para permitir que el flotador 166 siga la superficie del mar.

El sistema 150 tiene un subsistema de desalinización RO 190. El subsistema de desalinización RO 190 tiene una válvula de una vía 192, una celda RO 194 que contiene una membrana RO 196, un dispositivo de suavizado de flujo (FSD) 198, una válvula de una vía 200, una tubería de permeado 202, una restricción 204, un acumulador 206, una válvula de tres vías 208 y una descarga de salmuera 210.

Como se mencionó anteriormente, la celda RO 194 contiene una membrana RO 196. Se contempla que podrían usarse múltiples celdas RO 194 y que cada celda RO 194 podría contener más de una membrana RO 196. La membrana RO 196 es una membrana semipermeable que, cuando la presión aguas arriba de la membrana RO 196 está por encima de la presión osmótica, elimina la sal y otros materiales efluentes de las moléculas de agua a medida que el agua pasa a través de ella. La celda RO 194 tiene tres puertos: un puerto de entrada de agua de mar 212, un puerto de escape de salmuera 214 y un puerto de escape de permeado 216. Como se describirá a continuación, el agua de mar ingresa a la celda RO 194 por el puerto de entrada de agua de mar 212. Luego, el agua de mar se separa en permeado y salmuera dentro de la celda RO 194 por la membrana RO 196. El permeado sale de la celda RO 194 por el puerto de escape de permeado 216. La salmuera sale de la celda RO 194 por el puerto de escape de salmuera 214.

El FSD 198 tiene un cuerpo cilíndrico 218 dentro del cual se aloja de forma deslizante un pistón 220. El cuerpo del cilindro 218 y el pistón 220 definen una cámara de volumen variable 222 en un lado del pistón 220 y una cámara de volumen variable 224 en el otro lado del pistón 220. Un resorte de tensión 226 está dispuesto dentro de la cámara 222 y está conectado entre el pistón 220 y el cuerpo del cilindro 218. El resorte 226 desvía el pistón 220 hacia el extremo del cuerpo del cilindro 218 definiendo el extremo de la cámara 222 (es decir, hacia la izquierda en las figuras). Se contempla que en lugar del resorte 226, o además del mismo, podría disponerse un resorte de compresión dentro de la cámara 224 para desviar el pistón 220 en la misma dirección. También se contempla que en lugar de, o además del resorte 226, el cuerpo cilíndrico 218 podría definir otro volumen dentro del cual podría proporcionarse otro pistón, conectado por una varilla al pistón 220. Al proporcionar aire presurizado en un lado de este otro pistón, los elementos adicionales citados actuarían efectivamente como una cámara de aire. En otra implementación, el pistón 220 se reemplaza por un diafragma deformable. Se contemplan realizaciones que tienen un diafragma con y sin el resorte 226.

A continuación, se describirá el funcionamiento del sistema 150 accionado por olas con respecto a las figuras 6A a 6D. Las figuras 6A y 6B muestran las posiciones de los diversos componentes del sistema 150 al comienzo de un recorrido ascendente y de un recorrido descendente, respectivamente. Las figuras 6C y 6D muestran la posición de la válvula de tres vías 208 durante la carrera ascendente y la carrera descendente respectivamente.

Con referencia a la figura 6A, se describirá el funcionamiento del sistema 150 durante la carrera ascendente. La carrera ascendente es el resultado del movimiento ascendente del flotador 166 con una ola ascendente. Como resultado del movimiento del flotador 166 hacia arriba, el bastidor 170, el cuerpo del cilindro 172 y el conector 188 se mueven hacia arriba con el flotador 166. También como resultado del movimiento hacia arriba del flotador 166, la placa de arrastre 168, el pistón 174, las varillas 180, 182 y el conector 184 también se mueven hacia arriba, pero mucho menos que el flotador 166 ya que la placa de arrastre 168 resiste el movimiento. A medida que el cuerpo del cilindro 172 se mueve

hacia arriba más que el pistón 174, hay un movimiento relativo entre el cuerpo del cilindro 172 y el pistón 174 que da como resultado que el volumen de la cámara inferior 176 se vuelve más pequeño, el volumen de la cámara superior 178 se vuelve más grande, y el resorte 186 se tensa.

5 A medida que el volumen de la cámara inferior 176 se vuelve más pequeño, el agua de mar que fue succionada en la cámara inferior 176 durante el movimiento descendente anterior, como se describe a continuación, es expulsada de la cámara inferior 176. La válvula de una vía 158 se cierra y la válvula de una vía 192 se abre de tal manera que el agua de mar fluye desde la cámara inferior 176 a través de la válvula de una vía 192. Entonces se separa el flujo de agua de mar. Parte del agua de mar fluye hacia la celda RO 194 a través del puerto de entrada de agua de mar 212 y parte del agua de mar fluye hacia la cámara 222 del FSD 198. Se contempla que el resorte 226 podría diseñarse para comenzar a estirarse solo una vez que se alcance una determinada presión diferencial de agua entre las cámaras 222 y 224. En realizaciones donde los prefiltros 156 están sumergidos, la presión hidrostática del agua de mar que rodea el subconjunto de prefiltro 161 hace que el agua de mar fluya a través de la entrada de agua de mar 152 y los prefiltros 156 y luego fluya hacia el acumulador 160.

15 El agua de mar que fluye hacia la cámara 222 del FSD 198 aumenta el volumen de la cámara 222 (es decir, el pistón 220 se mueve hacia la derecha con respecto a la figura 6A). Como resultado, el resorte 226 se tensa y la salmuera que ingresó a la cámara 224 durante el movimiento descendente anterior, como se describe a continuación, es expulsada de la cámara 224.

20 Desde el puerto de entrada de agua de mar 212, cuando el agua de mar fluye hacia la celda RO 194, la membrana RO 196 permite que algo de agua pase a través de ella. Esta agua (es decir, el agua debajo de la membrana RO 196 en la figura 6A) se desaliniza como resultado de la ósmosis inversa realizada por la membrana RO 196. Esta agua desalinizada es el permeado. El agua de mar que no pasa durante la carrera descendente, la salmuera que sale del puerto de escape de salmuera 214 durante la carrera descendente se acumula dentro de los acumuladores 306. Durante la siguiente carrera ascendente, al menos parte de la salmuera dentro de los acumuladores 306 fluye a través de la válvula de tres vías 208 y dentro de la cámara superior 178 del cilindro hidráulico 164 con la salmuera que fluye desde el puerto de escape de salmuera 214.

25 Volviendo ahora a la figura 8, se describirá un sistema 350 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 350 ilustrado es un sistema del tipo generalmente descrito anteriormente con respecto a la figura 4. El sistema 350 es similar al sistema 150 descrito anteriormente excepto que el subsistema de prefiltro 161 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 352.

30 El subsistema de prefiltro 352 tiene una válvula de una vía 354 conectada aguas abajo de la entrada de agua de mar 152, prefiltros de presión positiva 356 y un cilindro hidráulico de baja presión 358 conectado aguas abajo de la válvula de una vía 354 y la válvula de una vía 158 conectado aguas abajo de los prefiltros 356. Los prefiltros 356 están conectados en serie. Se contemplan otras disposiciones de los prefiltros 356. También se contempla que podría usarse un solo prefiltro 356.

35 El cilindro hidráulico de baja presión 358 tiene un cuerpo de cilindro 360 dentro del cual se aloja de forma deslizante un pistón 362. El cuerpo del cilindro 360 y el pistón 362 definen una cámara de volumen variable 364 dentro del cuerpo del cilindro 360 por encima del pistón 362. La cámara 364 está conectada hidráulicamente a los prefiltros 356. El cilindro hidráulico 358 también tiene una varilla 366. El extremo superior de la varilla 366 está conectado rígidamente y se extiende hacia abajo desde el lado inferior del pistón 362. El extremo inferior de la varilla 366 está conectado a la placa de arrastre 168 mediante un conector 368. En una realización alternativa, el extremo inferior de la varilla 366 está conectado a la varilla inferior 180 del cilindro hidráulico 164. En una realización, el pistón 362 y la varilla 366 están formados de manera integral. Un resorte de tensión 370 está dispuesto dentro de la cámara 364 y está conectado entre el pistón 362 y el cuerpo del cilindro 360. El resorte 370 carga el extremo superior del cuerpo del cilindro 360 y el pistón 362 uno hacia el otro. Un bastidor 372 conecta el cuerpo del cilindro 360 al flotador 166 a través del conector 188. Se contempla que el bastidor 372 podría conectarse al flotador 166 mediante un conector separado del conector 188. En una realización alternativa, el bastidor 372 conecta el cuerpo del cilindro 360 al bastidor 170 y/o al

50 Con referencia a las figuras 6C, la válvula de tres vías 208 tiene un cuerpo de válvula 250 y un elemento de válvula deslizante 252 dentro del cuerpo de válvula 250. El cuerpo de válvula 250 define tres puertos de flujo 254, 256, 258 y dos puertos piloto 260, 262. Con referencia a la figura 6A, el puerto de flujo 254 está conectado hidráulicamente a la cámara 224 del FSD 198 y a la restricción 204, el puerto de flujo 256 está conectado hidráulicamente a la descarga de salmuera 210 y el puerto de flujo 258 está conectado hidráulicamente a la cámara 178 del cilindro hidráulico 164. También con referencia a la figura 6A, el puerto piloto 260 está conectado hidráulicamente por la línea piloto 264 entre la cámara inferior 176 del cilindro hidráulico 164 y la válvula de una vía 192 y el puerto piloto 262 está conectado hidráulicamente por la línea piloto 266 entre la cámara superior 178 del cilindro hidráulico 164 y la válvula de tres vías 208. Se contempla que en lugar de accionarse hidráulicamente a través de puertos piloto, la válvula de tres vías 208 podría accionarse eléctricamente. En tal realización, un controlador que recibe señales de uno o más sensores de presión y/o sensores de posición del pistón enviaría señales de activación a un actuador eléctrico conectado a la válvula para colocar la válvula en la configuración adecuada.

55 Durante la carrera ascendente, la presión suministrada por la línea piloto 264 al puerto piloto 260 de la válvula de tres

vías 208 es más alta que la presión suministrada por la línea piloto 266 al puerto piloto 262. Como resultado, el elemento de válvula 252 se mueve a la posición que se muestra en la figura 6C. En esta posición, el elemento de válvula 252 cierra el puerto de flujo 256 y crea un paso a través de la válvula de tres vías 208 desde el puerto de flujo 254 al puerto de flujo 258. Esto permite que la salmuera de la cámara 224 del FSD 198 y desde la restricción 204 entre en la cámara superior 178 del cilindro hidráulico 164.

Al hacer que la salmuera fluya hacia la cámara superior 178 del cilindro hidráulico 164, la fuerza requerida para bombear el agua de mar es menor que si la salmuera se descargara directamente desde el puerto de escape de salmuera 214 a la celda RO 194. Por lo tanto, la flotabilidad del flotador 166 puede ser más pequeña, lo que permite el uso de un flotador 166 más pequeño en comparación con los sistemas en los que no se recupera la energía del flujo de salmuera.

Como se mencionó anteriormente, la varilla superior 182 tiene un diámetro mayor que la varilla inferior 180. Los diámetros de las varillas 180, 182 y el diámetro interno del cuerpo del cilindro 172 se seleccionan para controlar la relación de recuperación de la celda RO 194. Por ejemplo, para una celda RO 194 que convierte el 20 por ciento del agua de mar que ingresa a la celda RO 194 en permeado, dejando por lo tanto que el 80 por ciento del agua de mar fluya como salmuera a la cámara superior 178, el diámetro de las varillas 180, 182 debe seleccionarse de tal manera que el área de superficie anular del pistón 174 alrededor de la barra superior 182 sea el 80 por ciento del área de superficie anular del pistón 174 alrededor de la barra inferior 180.

En un ejemplo donde la celda RO 194 convierte el 20 por ciento del agua de mar en permeado, la presión en la cámara inferior 176 es de 60 bares y la presión dentro de la cámara superior 178 es de 55 bares debido a las caídas de presión mencionadas anteriormente, la recuperación de la salmuera en la cámara superior 178 conduce a una reducción de la fuerza de bombeo del 73,3 por ciento en comparación con los sistemas en los que no se recupera la energía del flujo de salmuera.

Volviendo ahora a la figura 6B, se describirá el funcionamiento del sistema 150 durante la carrera descendente. La carrera descendente es el resultado del movimiento descendente del flotador 166 con una ola descendente. Como resultado del movimiento hacia abajo del flotador 166, el bastidor 170, el cuerpo del cilindro 172 y el conector 188 se mueven hacia abajo con el flotador 166. También como resultado del movimiento hacia abajo del flotador 166, la placa de arrastre 168, el pistón 174, las varillas 180, 182 y el conector 184 también se mueven hacia abajo, pero mucho menos que el flotador 166 ya que la placa de arrastre 168 resiste el movimiento. A medida que el cuerpo del cilindro 172 se mueve hacia abajo más que el pistón 174, hay un movimiento relativo entre el cuerpo del cilindro 172 y el pistón 174 que da como resultado que el volumen de la cámara inferior 176 se haga más grande y el volumen de la cámara superior 178 se vuelva más pequeño. La fuerza almacenada en el resorte 186 durante la carrera ascendente se libera para ayudar al movimiento relativo entre el cuerpo del cilindro 172 y el pistón 174.

A medida que aumenta el volumen de la cámara inferior 176, se succiona agua de mar a través de la entrada de agua de mar 152, de los prefiltros 156 y de la válvula de una vía 158, que ahora está abierta, hacia la cámara inferior 176. La válvula de una vía 192 está cerrada. En realizaciones en las que se proporciona el acumulador 160, el agua de mar acumulada en el acumulador 160 también fluye a través de la válvula de una vía 158 y hacia la cámara inferior 176. Este flujo de agua de mar desde el acumulador 160 reduce el flujo instantáneo de agua de mar en los prefiltros 156, reduciendo así la caída de presión instantánea a través de los prefiltros 156.

El agua de mar que se acumuló en la cámara 222 del FSD 198 durante el movimiento ascendente anterior es empujada fuera de la cámara 222 por el pistón 220 que es arrastrado por el resorte 226. Como resultado, el agua de mar almacenada en la cámara 222 fluye desde la cámara 222 hacia la celda RO 194 por el puerto de entrada de agua de mar 212. Al igual que durante la carrera ascendente, el agua de mar que ingresa a la celda RO 194 por el puerto de entrada de agua de mar 212 sale de la celda RO 194 como permeado desde el puerto de escape de permeado 216 y como salmuera desde el puerto de escape de salmuera 214. Por lo tanto, el permeado se genera tanto durante la carrera ascendente y como durante la carrera descendente incluso a través de que el subsistema WEC 162 solo bombee agua de mar al subsistema de desalinización RO 190 durante la carrera ascendente. Durante la carrera ascendente, el cilindro hidráulico 164 suministra agua de mar a la celda RO 194. Durante la carrera descendente, el FSD 198 suministra agua de mar a la celda RO 194. Como el FSD 198 compensa el suministro intermitente de agua de mar del cilindro hidráulico 164, es decir que suaviza el flujo de agua de mar y la presión hacia la celda RO 194, de ahí el nombre de dispositivo de suavizado de flujo.

Desde el puerto de escape de salmuera 214, la salmuera fluye a través de la restricción 204. Desde la restricción 204, la salmuera fluye hacia la cámara 224 del FSD 198. La salmuera también fluye desde el acumulador 206 hacia la cámara 224 del FSD 198 para compensar el volumen de agua que salió del subsistema de desalinización RO 190 como permeado. Por lo tanto, el acumulador 206 evita que la presión dentro del subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 disminuya significativamente durante la carrera descendente. A medida que el acumulador 206 regula, o suaviza, la presión dentro del subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 durante los movimientos ascendentes y descendentes, el acumulador 206 actúa como el dispositivo de suavizado de presiones (PSD) del sistema 150.

Durante la carrera descendente, la presión suministrada por la línea piloto 264 al puerto piloto 260 de la válvula de

tres vías 208 es menor que la presión suministrada por la línea piloto 266 al puerto piloto 262. Como resultado, el elemento de válvula 252 se mueve a la posición que se muestra en la figura 6D. En esta posición, el elemento de válvula 252 cierra el puerto de flujo 254 y crea un paso a través de la válvula de tres vías 208 desde el puerto de flujo 258 al puerto de flujo 256. Esto permite que la salmuera de la cámara superior 178 del cilindro hidráulico 164 fluya a través de la válvula de tres vías 208 y fuera del sistema 150 por la descarga de salmuera 210.

Se contempla que la válvula de tres vías 208 podría ser reemplazada por un par de válvulas accionadas eléctricamente o pilotadas hidráulicamente. Una válvula está conectada entre el puerto de escape de salmuera 214 y la cámara superior 178 y se abre para permitir que la salmuera fluya hacia la cámara superior 178 durante la carrera ascendente y se cierra durante la carrera descendente. La otra válvula está conectada entre la cámara superior 178 y la descarga de salmuera 210 y se abre para permitir el flujo de salmuera desde la cámara superior 178 a la descarga de salmuera 210 durante la carrera ascendente y se cierra durante la carrera descendente.

También se contempla que la barra superior 182 podría estar conectada al flotador 166 y el cuerpo del cilindro 172 podría estar conectado a la placa de arrastre 168. En tal realización, los componentes del sistema 150 descritos anteriormente como conectados hidráulicamente a la cámara inferior 176 ahora estarían conectados hidráulicamente a la cámara superior 178 y los componentes del sistema 150 descritos anteriormente como conectados hidráulicamente a la cámara superior 178 estarían conectados hidráulicamente a la cámara inferior 176. En tal realización, la varilla inferior 180 tendría un diámetro mayor que la varilla superior 182. Además, en una realización de este tipo, los eventos descritos anteriormente que ocurrirían durante la carrera ascendente ahora ocurrirían durante la carrera descendente, y viceversa.

Volviendo ahora a la figura 7, se describirá un sistema 270 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 270 es similar al sistema 150 descrito anteriormente excepto que el FSD 198 ha sido reemplazado por una realización alternativa de un FSD en forma de acumulador 298 y el acumulador 206 ha sido reemplazado por dos acumuladores 306 (de los cuales solo se muestra uno). El acumulador 298 está conectado hidráulicamente entre la válvula de una vía 192 y el puerto de entrada de agua de mar 212 de la celda RO 194. Los acumuladores 306 están conectados hidráulicamente entre la restricción 204 y la válvula de tres vías 208.

Durante la carrera ascendente, el agua de mar fluye desde la cámara inferior 176 del cilindro hidráulico 164 a través de la válvula de una vía 192. Desde la válvula de una vía 192, parte del agua de mar fluye a través de la celda RO 194 a través del puerto de entrada de agua de mar 212 como se describió anteriormente con respecto al sistema 150 y parte del agua de mar fluye hacia el acumulador 298. Como resultado, la presión dentro del acumulador 298 aumenta.

Durante la carrera descendente, la válvula de una vía 192 está cerrada. El agua de mar que se acumuló en el acumulador 298 durante la carrera ascendente ahora sale del acumulador 298 y entra en la celda RO 194 a través del puerto de entrada de agua de mar 212. Como resultado, la salmuera y el permeado continúan saliendo de los puertos de escape de salmuera y permeado 214, 216 respectivamente durante la carrera descendente. A medida que el puerto de flujo 254 de la válvula de tres vías 208 se cierra durante la carrera descendente, la salmuera que sale del puerto de escape de salmuera 214 durante la carrera descendente se acumula dentro de los acumuladores 306. Durante la siguiente carrera ascendente, al menos parte de la salmuera dentro de los acumuladores 306 fluye a través de la válvula de tres vías 208 y hacia la cámara superior 178 del cilindro hidráulico 164 con salmuera que fluye desde el puerto de escape de salmuera 214.

Volviendo ahora a la figura 8, se describirá un sistema 350 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 350 ilustrado es un sistema del tipo generalmente descrito anteriormente con respecto a la figura 4. El sistema 350 es similar al sistema 150 descrito anteriormente excepto que el subsistema de prefiltro 161 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 352.

El subsistema de prefiltro 352 tiene una válvula de una vía 354 conectada aguas abajo de la entrada de agua de mar 152, prefiltros de presión positiva 356 y un cilindro hidráulico de baja presión 358 conectado aguas abajo de la válvula de una vía 354 y la válvula de una vía 158 conectada aguas abajo de los prefiltros 356. Los prefiltros 356 están conectados en serie. Se contemplan otras disposiciones de los prefiltros 356. También se contempla que podría usarse un solo prefiltro 356.

El cilindro hidráulico de baja presión 358 tiene un cuerpo de cilindro 360 dentro del cual se aloja de forma deslizante un pistón 362. El cuerpo del cilindro 360 y el pistón 362 definen una cámara de volumen variable 364 dentro del cuerpo del cilindro 360 por encima del pistón 362. La cámara 364 está conectada hidráulicamente a los prefiltros 356. El cilindro hidráulico 358 también tiene una varilla 366. El extremo superior de la varilla 366 está conectado rígidamente y se extiende hacia abajo desde el lado inferior del pistón 362. El extremo inferior de la varilla 366 está conectado a la placa de arrastre 168 mediante un conector 368. En una realización alternativa, el extremo inferior de la varilla 366 está conectado a la varilla inferior 180 del cilindro hidráulico 164. En una realización, el pistón 362 y la varilla 366 están formados de manera integral. Un resorte de tensión 370 está dispuesto dentro de la cámara 364 y está conectado entre el pistón 362 y el cuerpo del cilindro 360. El resorte 370 fuerza el extremo superior del cuerpo del cilindro 360 y el pistón 362 uno hacia el otro. Un bastidor 372 conecta el cuerpo del cilindro 360 al flotador 166 a través del conector 188. Se contempla que el bastidor 372 podría conectarse al flotador 166 mediante un conector separado del conector 188. En una realización alternativa, el bastidor 372 conecta el cuerpo del cilindro 360 al bastidor 170 y/o al cuerpo del

cilindro 172. Como resultado de esta conexión del cilindro hidráulico 358, el pistón 362 y el cuerpo del cilindro 360 se mueven entre sí a la misma velocidad que el pistón 174 y el cuerpo del cilindro 172.

5 Durante la carrera ascendente, el agua de mar es succionada hacia la cámara 364 desde la entrada de agua de mar 152 a través de la válvula de una vía 354. Durante la carrera descendente, el agua de mar dentro de la cámara 364 es empujada fuera de la cámara 364 y luego fluye a través de los filtros 356, la válvula de una vía 158 y dentro de la cámara inferior 176. La válvula de una vía 354 evita que el agua de mar fluya fuera del subsistema de prefiltro 352 a través de la entrada de agua de mar 152 durante la carrera descendente.

10 Volviendo ahora a la figura 9, se describirá un sistema 450 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 450 es similar al sistema 350 descrito anteriormente con respecto a la figura 8 excepto que los cilindros hidráulicos 164 y 358 han sido reemplazados por un cilindro hidráulico de tres cámaras 452.

15 El cilindro hidráulico 452 tiene un cuerpo de cilindro 454 que tiene una pared de separación 456. El pistón 174 está dispuesto en el cuerpo de cilindro 454 por encima de la pared 456. La cámara inferior 176 está definida entre el pistón 174 y la pared 456. La cámara superior 178 está definida sobre el pistón 174. El pistón 362 está dispuesto en el cuerpo del cilindro 454 debajo de la pared 456. La cámara 364 está definida entre el pistón 362 y la pared 456. La varilla inferior 180 se extiende desde la parte inferior del pistón 174, pasa a través una abertura en la pared 456 y se conecta a la parte superior del pistón 362 de manera que ambos pistones 174, 362 se mueven alternativamente juntos. Se proporcionan sellos (no mostrados) en el borde de la abertura en la pared 456 alrededor de la varilla 180. La varilla 366 se extiende desde la parte inferior del pistón 362 y se conecta a la placa de arrastre 168 con el conector 368. Los resortes 186 y 370 están reemplazados por un solo resorte 458 dispuesto en la cámara superior 178. Se contempla que el resorte 458 podría estar dispuesto en la cámara inferior 176 o en la cámara 364. También se contempla que más de una de las cámaras 176, 178, 364 podrían tener un resorte provisto en las mismas. El sistema 450 funciona de la misma manera que el sistema 350, pero puede ser más compacto que el sistema 350.

25 Volviendo ahora a la figura 10, se describirá un sistema 550 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 550 es similar al sistema 350 descrito anteriormente con respecto a la figura 8 excepto que el subsistema de prefiltro 352 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 552.

30 El subsistema de prefiltro 552 tiene una válvula de una vía 554 conectada aguas abajo de la entrada de agua de mar 152, prefiltros de presión positiva 556 y un cilindro hidráulico de baja presión 558 conectado aguas abajo de la válvula de una vía 554, una válvula de una vía 555 conectada entre los prefiltros 556 y el cilindro hidráulico 558, la válvula de una vía 158 conectada aguas abajo de los prefiltros 556 y un acumulador 557 conectado entre los prefiltros 556 y la válvula de una vía 158. Los prefiltros 556 están conectados en serie. Se contemplan otras disposiciones de los prefiltros 556. También se contempla que podría usarse un solo prefiltro 556.

35 El cilindro hidráulico de baja presión 558 tiene un cuerpo de cilindro 560 dentro del cual se aloja de forma deslizante un pistón 562. El cuerpo del cilindro 560 y el pistón 562 definen una cámara de volumen variable 564 dentro del cuerpo del cilindro 560 debajo del pistón 562. La cámara 564 está conectada hidráulicamente a los prefiltros 556 a través de la válvula de una vía 555. El cilindro hidráulico 558 también tiene una varilla 566. El extremo superior de la varilla 566 está rígidamente conectado y se extiende hacia abajo desde el lado inferior del pistón 562. El extremo inferior de la varilla 566 está conectado a la placa de arrastre 168 mediante un conector 568. En una realización alternativa, el extremo inferior de la varilla 566 está conectado a la varilla inferior 180 del cilindro hidráulico 164. En una realización, el pistón 562 y la varilla 566 están formados de manera integral. Un resorte de tensión 570 está dispuesto dentro del cuerpo del cilindro 560 sobre el pistón 562 y está conectado entre el pistón 562 y el cuerpo del cilindro 560. El resorte 570 fuerza el extremo superior del cuerpo del cilindro 560 y el pistón 562 uno hacia el otro. Un bastidor 572 conecta el cuerpo del cilindro 560 al flotador 166 a través del conector 188. Se contempla que el bastidor 572 podría conectarse al flotador 166 mediante un conector separado del conector 188. En una realización alternativa, el bastidor 572 se conecta el cuerpo del cilindro 560 al bastidor 170 y/o al cuerpo del cilindro 172. Como resultado de esta conexión del cilindro hidráulico 558, el pistón 562 y el cuerpo del cilindro 560 se mueven entre sí a la misma velocidad que el pistón 174 y el cuerpo del cilindro 172.

50 Durante la carrera ascendente, la válvula de una vía 555 está abierta y las válvulas de una vía 554, 158 están cerradas. El agua de mar dentro de la cámara 564 es expulsada de la cámara 564 y luego fluye a través de la válvula de una vía 555, a través de los prefiltros 556 y la válvula de una vía 158 y luego fluye hacia el acumulador 557, aumentando así la presión en el interior del acumulador 557. La válvula de una vía 554 evita que el agua de mar fluya fuera del subsistema de prefiltro 552 a través de la entrada de agua de mar 152 durante la carrera ascendente.

55 Durante la carrera descendente, la válvula de una vía 555 se cierra y las válvulas de una vía 554, 158 se abren. El agua de mar es succionada hacia la cámara 564 desde la entrada de agua de mar 152 a través de la válvula de una vía 554. Al menos parte del agua de mar que se ha acumulado dentro del acumulador 557 sale del acumulador 557, fluye a través de la válvula de una vía 158 y luego fluye hacia la cámara inferior 176 del cilindro hidráulico 164. La presión del agua de mar que fluye dentro de la cámara inferior 176 aplica una fuerza de restauración que ayuda a mover el cuerpo del cilindro 172 hacia abajo en relación con el pistón 174. Como tal, se contempla que el resorte 186 podría omitirse.

Volviendo ahora a la figura 11, se describirá un sistema 650 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 650 es similar al sistema 150 descrito anteriormente con respecto a las figuras 6A y 6B excepto que el subsistema de prefiltro 161 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 652.

5 El subsistema de prefiltro 652 tiene los prefiltros 156, la válvula de una vía 158, una válvula direccional de baja presión 654 y un acumulador 656. La válvula direccional 654 es una válvula de tres vías y tres posiciones. La válvula direccional 654 tiene una primera posición (que se muestra en la figura 11) que comunica hidráulicamente el puerto de flujo 256 (figura 6D) de la válvula de tres vías 208 con la descarga de salmuera 210. La válvula direccional 654 tiene una segunda posición que hidráulicamente comunica el acumulador 656 con los prefiltros 156 para permitir el retro lavado de los prefiltros 156 como se explica a continuación. La válvula direccional 654 tiene una tercera posición que bloquea el flujo de salmuera desde el puerto de flujo 256 de la válvula de tres vías 208 a la descarga de salmuera 210 y a los prefiltros 156. El acumulador 656 está conectado entre el puerto de flujo 256 de la válvula de tres vías 208 y la válvula direccional 654.

15 Durante el funcionamiento normal, la válvula direccional 654 está en la primera posición para permitir que la salmuera fluya desde el puerto de flujo 256 de la válvula de tres vías 208 a la descarga de salmuera 210 a través de la válvula direccional 654 durante la carrera descendente.

20 Cuando se desea el retro lavado de los prefiltros 156, la válvula direccional 654 se mueve a su tercera posición. Como tal, durante la carrera descendente, la salmuera que fluye desde el puerto de flujo 256 de la válvula de tres vías 208 fluye hacia el acumulador 656 y la presión se acumula dentro del acumulador 656. Cuando el acumulador 656 está lleno o ha alcanzado una presión predeterminada, la válvula direccional 654 se mueve a su segunda posición. Como resultado, la salmuera sale del acumulador 656, fluye a través de la válvula direccional 654, luego fluye a través de los prefiltros 156, lavándolos a contracorriente y luego sale del sistema 650 por la entrada de agua de mar 152. Una vez que el acumulador 656 está vacío o está por debajo de una presión predeterminada, la válvula direccional 654 vuelve a su primera posición. Como la salmuera fue filtrada por los prefiltros 156, no contiene partículas que puedan ser dañinas para los prefiltros 156 cuando se usa para retro lavar los prefiltros 156. Al retro lavar los prefiltros 156, se cree que se puede aumentar la vida de los prefiltros 156 y que se puede aumentar el tiempo entre ciclos de mantenimiento manual de los prefiltros 156.

25 Se contempla que la válvula direccional 654 podría ser accionada por uno o más pilotos hidráulicos o por un actuador controlado eléctricamente tal como un solenoide. También se contempla que la válvula direccional 654 podría controlarse hidráulica o eléctricamente mediante un temporizador o en función del diferencial de presión entre los prefiltros 156. Un diferencial de presión alto entre los prefiltros 156 generalmente indica que están obstruidos y que necesitan ser retro lavados.

30 Volviendo ahora a la figura 12, se describirá un sistema 750 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 750 es similar al sistema 650 descrito anteriormente con respecto a la figura 11 excepto que el subsistema de prefiltro 652 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 752. Mientras que el subsistema de prefiltro 652 permite el retro lavado de los prefiltros 156 con salmuera, el subsistema de prefiltro 754 permite el retro lavado de los prefiltros 156 con permeado.

35 El subsistema de prefiltro 752 tiene los prefiltros 156, la válvula de una vía 158, una válvula direccional de baja presión 754 y un acumulador 756. La válvula direccional 754 es una válvula de tres vías y tres posiciones. La válvula direccional 754 tiene una primera posición (que se muestra en la figura 12) que comunica hidráulicamente el puerto de escape de permeado 216 de la celda RO 194 con la tubería de permeado 202 a través de la válvula de una vía 200. La válvula direccional 754 tiene una segunda posición que comunica hidráulicamente el acumulador 756 con los prefiltros 156 para permitir el retro lavado de los prefiltros 156 como se explica a continuación. La válvula direccional 754 tiene una tercera posición que bloquea el flujo de permeado desde el puerto de escape de permeado 216 de la celda RO 194 a la tubería de permeado 202 y a los prefiltros 156. El acumulador 756 está conectado entre el puerto de escape de permeado 216 de la celda RO 194 y la válvula direccional 754.

40 Durante el funcionamiento normal, la válvula direccional 754 está en la primera posición para permitir que el permeado fluya desde el puerto de escape de permeado 216 de la celda RO 194 a la tubería de permeado 202 a través de la válvula direccional 754.

45 Cuando se desea el retro lavado de los prefiltros 156, la válvula direccional 754 se mueve a su tercera posición. Como tal, el permeado que fluye desde el puerto de escape de permeado 216 de la celda RO 194 fluye hacia el acumulador 756 y la presión se acumula dentro del acumulador 756. Cuando el acumulador 756 está lleno o ha alcanzado una presión predeterminada, la válvula direccional 754 se mueve a su segunda posición. Como resultado, el permeado sale del acumulador 756, fluye a través de la válvula direccional 754, luego fluye a través de los prefiltros 156, retro lavándolos y luego sale del sistema 750 por la entrada de agua de mar 152. Una vez que el acumulador 756 está vacío o está por debajo de una presión predeterminada, la válvula direccional 754 vuelve a su primera posición. Como el permeado fue filtrado por los prefiltros 156 y la membrana RO 196, no contiene partículas que puedan ser perjudiciales para los prefiltros 156 cuando se utiliza para retro lavar los prefiltros 156. Al retro lavar los prefiltros 156, se cree que se puede aumentar la vida de los prefiltros 156 y que se puede aumentar el tiempo entre los ciclos de mantenimiento manual de los prefiltros 156.

Se contempla que la válvula direccional 754 podría ser accionada por uno o más pilotos hidráulicos o por un actuador controlado eléctricamente como un solenoide. También se contempla que la válvula direccional 754 podría controlarse hidráulica o eléctricamente mediante un temporizador o en función del diferencial de presión entre los prefiltros 156. Un diferencial de presión alto entre los prefiltros 156 generalmente indica que están obstruidos y que necesitan ser retro lavados.

Volviendo ahora a la figura 13, se describirá un sistema 850 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 850 es similar al sistema 350 descrito anteriormente con respecto a la figura 8 excepto que el subsistema de prefiltro 352 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 852.

El subsistema de prefiltro 852 tiene la válvula de una vía 354, los prefiltros 356, la válvula de una vía 158, una válvula de una vía 853, una válvula direccional de baja presión 854, un acumulador 856, una válvula de aliviadero 858 y una descarga de retro lavado 860. La válvula de una vía 853 está conectada entre la válvula de una vía 354 y los prefiltros 356. La válvula de aliviadero 858 está conectada a la línea que se extiende desde los prefiltros 356 hasta la válvula de una vía 158. El acumulador 856 está conectado entre la válvula de aliviadero 858 y la válvula direccional 854. La válvula direccional 854 también está conectada a ambos lados de los prefiltros 356 y a la descarga de retro lavado 860. La válvula direccional 854 es de cuatro vías, válvula de dos posiciones. La válvula direccional 854 tiene una primera posición (mostrada en la figura 13) que evita cualquier flujo a través de la válvula direccional 854. La válvula direccional 854 tiene una segunda posición que comunica hidráulicamente el acumulador 856 con los prefiltros 356 y comunica hidráulicamente los prefiltros 356 con la descarga de retro lavado 860 para permitir el retro lavado de los prefiltros 356 como se explica a continuación.

Durante el funcionamiento normal, la válvula direccional 654 está en la primera posición. Durante la carrera descendente, la válvula de una vía 152 se cierra y las válvulas de una vía 853, 158 se abren. El agua de mar sale de la cámara 364 y fluye hacia la cámara inferior 176 a través de las válvulas de una vía 853, 158. Parte del agua de mar expulsada de la cámara 364 también fluye hacia el acumulador 856. Para compensar la cantidad de agua de mar que se desvía al acumulador 856, el pistón 362 y el cuerpo del cilindro 360 tienen un diámetro mayor que en el sistema 350 para el mismo cilindro hidráulico 164. La válvula de aliviadero 858 se abre y se cierra dependiendo de las presiones hidráulicas a cada lado de la misma para asegurar un flujo suficiente de agua de mar a la cámara inferior 176.

Cuando el acumulador 856 está lleno o ha alcanzado una presión predeterminada, la válvula direccional 854 se mueve a su segunda posición. Como resultado, el agua de mar sale del acumulador 856, fluye a través de la válvula direccional 854, luego fluye a través de los prefiltros 356 (de derecha a izquierda con referencia a la figura 13), retro lavándolos y luego fluye fuera del sistema 850 por la descarga de retro lavado 860. Una vez que el acumulador 856 está vacío o está por debajo de una presión predeterminada, la válvula direccional 854 vuelve a su primera posición. Como el agua de mar en el acumulador 856 fue filtrada por los prefiltros 356, no contiene partículas que puedan ser dañinas para los prefiltros 356 cuando se usa para retro lavar los prefiltros 356. Al retro lavar los prefiltros 356, se cree que se puede aumentar la vida de los prefiltros 356 y que se puede aumentar el tiempo entre los ciclos de mantenimiento manual de los prefiltros 356. Se contempla que la válvula direccional 854 podría ser accionada por uno o más pilotos hidráulicos o por un actuador controlado eléctricamente como un solenoide.

Volviendo ahora a la figura 14, se describirá un sistema 950 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 950 es similar al sistema 550 descrito anteriormente con respecto a la figura 10 excepto que el subsistema de prefiltro 552 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 952.

El subsistema de prefiltro 952 tiene la válvula de una vía 554, los prefiltros de presión positiva 556, el cilindro hidráulico de baja presión 558, la válvula de una vía 555, el cilindro hidráulico 558, la válvula de una vía 158, el acumulador 557, una válvula direccional 954 y una descarga de retro lavado 956. La válvula direccional 954 está conectada entre la válvula de una vía 558 y los prefiltros 556. La válvula direccional 954 es una válvula de dos vías y dos posiciones. La descarga de retro lavado 956 está aguas abajo de la válvula 954.

La válvula direccional 954 tiene una primera posición (mostrada en la figura 14) que evita el flujo hacia la descarga de retro lavado 956. La válvula direccional 954 tiene una segunda posición que comunica hidráulicamente el acumulador 557 y los prefiltros 556 con la descarga de retro lavado 956 para permitir el retro lavado de los prefiltros 556 como se explica a continuación.

Durante el funcionamiento normal, la válvula direccional 954 está en la primera posición. Durante la carrera ascendente, la válvula de una vía 555 está abierta y las válvulas de una vía 554, 158 están cerradas. El agua de mar dentro de la cámara 564 es expulsada de la cámara 564 y luego fluye a través de la válvula de una vía 555, a través de los prefiltros 556 y la válvula de una vía 158 y luego fluye hacia el acumulador 557, aumentando así la presión en el interior del acumulador 557. Para acumular agua de mar y presión dentro del acumulador 557 de modo que el agua en el acumulador 557 pueda usarse para retro lavar los prefiltros 556, el área anular entre el pistón 562 y el cuerpo del cilindro 560 es mayor que en el sistema 550 para el mismo cilindro hidráulico 164.

Durante la carrera descendente, la válvula de una vía 555 se cierra y las válvulas de una vía 554, 158 se abren. El agua de mar es succionada hacia la cámara 564 desde la entrada de agua de mar 152 a través de la válvula de una vía 554. Parte del agua de mar que se ha acumulado dentro del acumulador 557 sale del acumulador 557, fluye a

través de la válvula de una vía 158 y luego fluye hacia la cámara inferior 176 del cilindro hidráulico 164. La presión del agua de mar que fluye dentro de la cámara inferior 176 aplica una fuerza restauradora que ayuda a mover el cuerpo del cilindro 172 hacia abajo en relación con el pistón 174. Como tal, se contempla que el resorte 186 podría omitirse.

5 Cuando el acumulador 557 está lleno o ha alcanzado una presión predeterminada, la válvula direccional 954 se mueve a su segunda posición. Como resultado, el agua de mar fluye fuera del acumulador 557, fluye a través de la válvula direccional 954, luego fluye a través de los prefiltros 556 (de derecha a izquierda con referencia a la figura 14), retro lavándolos y luego fluye fuera del sistema 950 por la descarga de retro lavado 956. Una vez que el acumulador 557 está vacío o está por debajo de una presión predeterminada, la válvula direccional 954 vuelve a su primera posición. Como el agua de mar en el acumulador 557 fue filtrada por los prefiltros 556, no contiene partículas que puedan ser perjudiciales para los prefiltros 556 cuando se utiliza para retro lavar los prefiltros 556. Al retro lavar los prefiltros 556, se cree que se puede aumentar la vida de los prefiltros 556 y que se puede aumentar el tiempo entre los ciclos de mantenimiento manual de los prefiltros 556. Se contempla que la válvula direccional 954 podría ser accionada por uno o más pilotos hidráulicos o por un actuador controlado eléctricamente como un solenoide.

10 Volviendo ahora a la figura 15, se describirá un sistema 1050 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 1050 es similar al sistema 150 descrito anteriormente con respecto a las figuras 6A y 6B excepto que el subsistema de prefiltro 161 ha sido reemplazado por un subsistema de prefiltro 1052.

15 El prefiltro 1052 tiene dos conjuntos de prefiltros 156, a saber, los prefiltros 156A y 156B, una válvula direccional 1054 y la válvula de una vía 158. La válvula direccional 1054 es una válvula de cuatro vías y dos posiciones. Según la posición de la válvula direccional 1054, la conexión entre los prefiltros 156A, 156B y el mar actúa como toma de agua de mar 152 o como descarga de salmuera.

20 Cuando la válvula direccional 1054 está en una primera posición (mostrada en la figura 15), durante la carrera ascendente, el agua de mar ingresa al sistema 1050 por la toma de agua de mar 152A, fluye a través del prefiltro 156A, la válvula direccional 1054, la válvula de una vía 158 y hacia la cámara inferior 176. Durante la carrera descendente, la salmuera fluye desde la cámara superior 178, la válvula de tres vías 208, la válvula direccional 1054, los prefiltros 156B, retro lavándolos y sale del sistema por la descarga de salmuera 210A.

25 Cuando la válvula direccional 1054 está en una segunda posición, durante la carrera ascendente, el agua de mar ingresa al sistema 1050 por la toma de agua de mar 152B, fluye a través del prefiltro 156B, la válvula direccional 1054, la válvula de una vía 158 y hacia la parte inferior. 176. Durante la carrera descendente, la salmuera fluye desde la cámara superior 178, la válvula de tres vías 208, la válvula direccional 1054, los prefiltros 156A, retro lavándolos y sale del sistema por la descarga de salmuera 210B.

30 Se contempla que la válvula direccional 1054 podría ser accionada por uno o más pilotos hidráulicos o por un actuador controlado eléctricamente como un solenoide. También se contempla que la válvula direccional 1054 podría controlarse hidráulica o eléctricamente mediante un temporizador o en función del diferencial de presión a través de los prefiltros 156A, 156B. Un diferencial de presión alto en los prefiltros 156A o 156B generalmente indica que están obstruidos y que deben lavarse a contracorriente.

35 Volviendo ahora a las figuras 16 y 17, se describirá un sistema 1150 accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa. El sistema 1150 es similar al sistema 150 descrito anteriormente excepto que la placa de arrastre 168 ha sido reemplazada por el conjunto de peso muerto 1152, que es el miembro de reacción en esta realización, un flotador 1154 (figura 16) está conectado a la varilla superior 182 y se ha añadido una restricción 1156 (figura 17) entre la válvula de tres vías 208 y la descarga de salmuera 210. Además, se ha omitido el acumulador 160, pero se contempla que podría proporcionarse. El sistema 1150 funciona de la misma manera que el sistema 150 descrito anteriormente, excepto que es el conjunto de peso muerto 1152 y el flotador 1154 lo que ayuda a mantener el pistón 174 y las varillas 180, 182 en posición mientras el cuerpo del cilindro 172 se mueve hacia arriba y hacia abajo con el flotador 166. Se contempla que se podría omitir el resorte 186 y que el peso del flotador 166, el cuerpo del cilindro 172, el bastidor 170 y el conector 188 hacen que estos elementos se desplacen hacia abajo con respecto al pistón 174 y las varillas 180, 182 mientras el flotador 166 se mueve hacia abajo y mientras el flotador 1154 y el conjunto de peso muerto 1152 mantienen el pistón 174 y las varillas 180, 182 en posición. También se contempla que el flotador 1154 podría proporcionarse en los otros sistemas descritos anteriormente. También se contempla que la placa de arrastre 168 en las realizaciones anteriores podría reemplazarse por el conjunto de peso muerto 1152. En algunas realizaciones, el cilindro hidráulico 164 del sistema 1150 proporciona una carrera más larga que las otras realizaciones que tienen la placa de arrastre 168 para poder tener en cuenta la variación del nivel del mar resultante de las mareas.

40 Como se puede observar en la figura 16, el conjunto de peso muerto 1152 incluye un peso muerto, en este caso un bloque de hormigón 1158, que descansa sobre el lecho marino 1160 y una cadena 1162 que conecta el bloque de hormigón 1158 al extremo inferior de la varilla inferior 180. Se contemplan otros tipos de pesos muertos. También se contempla que la cadena 1162 pueda ser sustituida por otro tipo de elemento de unión como por ejemplo una cuerda. El subsistema de prefiltro 161 está montado en el cuerpo del cilindro 174 y se mueve con él. El subsistema de desalinización RO 190 está montado encima del flotador 166, facilitando así su mantenimiento. Como también puede verse en la figura 16, se proporciona un cabrestante 1164 en la parte superior del flotador 166 para ayudar durante la instalación y extracción del sistema 1150 como se describirá a continuación con respecto a otra realización. También

se proporciona un panel solar 1166 en el flotador 166. El panel solar 1166 recarga una o más baterías (no mostradas) que se usan para alimentar varios sensores y medidores (no mostrados) provistos en el sistema 1150. Las baterías también pueden alimentar actuadores de válvulas si el subsistema de prefiltro 161 se reemplaza por uno de los subsistemas de prefiltro descritos anteriormente que proporciona una característica de retro lavado y que tiene una válvula que debe ser accionada. También se contempla que las baterías podrían utilizarse para alimentar equipos de comunicación utilizados para transmitir datos obtenidos de los sensores a una estación base en tierra y/o para recibir comandos para accionar las válvulas antes mencionadas.

Aunque no se describe en detalle en este documento, se contempla que son posibles otras combinaciones de los subsistemas de prefiltro, los subsistemas WEC y los subsistemas de desalinización por ósmosis inversa de los sistemas 150, 270, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950, 1050 y 1150. Por ejemplo, se contempla que el subsistema de prefiltro 352 del sistema 450 podría reemplazarse con el subsistema de prefiltro 852 para permitir el retro lavado de los prefiltros 356.

Durante un determinado porcentaje de estados del mar para un sitio específico, es posible que los sistemas activados por olas descritos anteriormente no puedan convertir suficiente energía de las olas para suministrar agua de mar a la celda RO a una presión lo suficientemente alta para que la membrana RO funcione de manera efectiva. Durante este tiempo, el agua de mar aún puede transformarse en permeado pero tendrá una alta salinidad (salobre). Como tal, se contempla que podría proporcionarse una válvula de desvío aguas abajo del puerto de escape de permeado para arrojar esta agua salobre en el mar. En una realización, la válvula de desvío tiene dos posiciones y es pilotada por la presión del agua en el subsistema de desalinización por ósmosis inversa.

Volviendo ahora a las figuras 18 a 21 se describirán diversas disposiciones físicas y otras características del sistema 150 descrito anteriormente. Debe entenderse que se podrían aplicar disposiciones y características físicas similares a los otros sistemas descritos anteriormente.

En una realización del sistema 150 que se muestra en la figura 18, el subsistema de prefiltro 161 y el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 se proporcionan encima del flotador 166. El sistema 150 está anclado al lecho marino 1160 mediante un sistema de anclaje 1200. En la realización que se muestra, el sistema de anclaje 1200 es un sistema de anclaje de catenaria de tres puntos que tiene un ancla de arrastre 1202, una cadena 1204, cuerdas 1206 (de las cuales solo se muestra una) y un pequeño flotador 1208. Este tipo de sistema de anclaje 1200 tiene la ventaja de que se puede instalar sin el uso de equipos marinos de servicio pesado, ya que es liviano en comparación con las anclas de peso muerto. Además, el sistema de fondeo 1200 se puede instalar desde la superficie, sin necesidad de buzos. El flotador 1208 se usa para evitar que las cuerdas 1206 se enreden alrededor de los componentes del sistema 150. El flotador 1208 también sostiene los pesos de la cadena 1204 y las cuerdas 1206 que están suspendidas sobre el lecho marino 1160. La tubería de permeado 202 se extiende desde el subsistema de desalinización RO 190 al flotador 1208 y luego corre cerca de una de las cuerdas 1206 al lecho marino 1160. La tubería de permeado 202 luego corre hacia donde se va a usar el permeado, como la costa o una plataforma en el mar, por ejemplo. Se contempla que podrían utilizarse otros tipos de sistemas de anclaje. Por ejemplo, se podría unir un ancla de peso muerto de un solo punto a la placa de arrastre 168.

Las figuras 19A a 19C ilustran otras tres disposiciones contempladas de los subsistemas 161, 162 y 190 del sistema 150.

En la realización de la figura 19A, el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 está fijado en el flotador 166. El subsistema de prefiltro 161 está fijado en el cilindro hidráulico 164.

En la realización de la figura 19B, el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 y el subsistema de prefiltro 161 están sumergidos. Están fijados y conectados hidráulicamente en el cilindro hidráulico 164.

En la realización que se muestra en la figura 19C, el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 y el subsistema de prefiltro 161 están sumergidos. Están fijados a la placa de arrastre 168. Dado que existe un movimiento relativo entre la placa de arrastre 168 y el flotador 166, se proporciona un sistema de olas flojas 1210 para que la tubería de permeado 202 no se estire ni se rompa.

Las figuras 20A y 20B ilustran dos etapas de un método posible para instalar y retirar el sistema 150 accionado por olas dispuesto como se muestra en la figura 19C. Se puede utilizar un método similar para las disposiciones de las figuras 19A y 19B y para los otros sistemas accionados por olas descritos anteriormente.

Con referencia a las figuras 20A y 20B, una torre 1220 está fijada en el flotador 166. La torre 1220 sostiene un cabrestante 1222 sobre el flotador 166. El flotador 166 en esta realización tiene generalmente forma toroidal. Como tal, el flotador 166 define una abertura central 1224. El cabrestante 1222 puede izar el cilindro hidráulico 164, el subsistema de prefiltro 161 y el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 a través de la abertura 1224 hasta que la placa de arrastre 168 haga tope con la parte inferior del flotador 166 como se muestra en la figura 20A. Esta disposición compacta permite que el sistema 150 sea fácilmente remolcado por una embarcación enganchando una cuerda o cadena 1226 entre el flotador 166 y la embarcación. Además, como el subsistema de prefiltro 161 y el subsistema de desalinización RO 190 están ubicados dentro de la abertura 1224 en el flotador 166 durante el desplazamiento, el flotador 166 protege de daños el subsistema de prefiltro 161 y el subsistema de desalinización RO 190. La placa de arrastre 168 define una superficie plana que facilita el arrastre del sistema 150 en la playa cuando el

sistema 150 es empujado desde la orilla o devuelto a ella. Se contempla que podrían añadirse componentes a la placa de arrastre 168 para reducir la fricción durante el remolque y/o mejorar las propiedades hidrodinámicas del sistema cuando se dispone como se muestra en la figura 20A.

5 Cuando se alcanza la ubicación deseada, el sistema 150 se ancla usando el sistema de anclaje 1200 (figura 18). El cabrestante 1222 luego baja el cilindro hidráulico 164, el subsistema de prefiltro 161 y el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 al agua como se muestra en la figura 20B. A continuación, se realizan las conexiones mecánicas entre el cilindro hidráulico 164 y el flotador. Finalmente, la tubería de permeado 202 (figura 19C) está conectada al subsistema de desalinización RO 190.

10 Para mover el sistema 150 a una ubicación diferente o devolverlo a tierra, los pasos anteriores se repiten en el orden inverso.

Lo anterior describe un método para instalar y retirar el sistema 150 accionado por olas. También se contemplan otros métodos.

15 Las duras condiciones del mar que existen durante las tormentas pueden dañar los componentes del sistema 150. El método descrito a continuación ayuda a mejorar la capacidad de supervivencia del sistema 150 en la disposición que se muestra en las figuras 19C a 20B en condiciones tan duras. Se puede utilizar un método similar para las disposiciones de las figuras 19A y 19B y para los otros sistemas accionados por olas descritos anteriormente.

20 El sistema de la figura 19C reduce las cargas en el RO WEC durante la intensa acción de las olas, como tormentas y huracanes. Este modo de "supervivencia" podría ser activado por el usuario mediante un par de operaciones fuera de la costa. La tormenta debe predecirse en muchos casos para que el usuario pueda realizar estas operaciones de forma segura y sin grandes movimientos de los componentes RO WEC. También podría ser activado por un sistema automatizado con sensores. El evento desencadenante podría basarse en una señal de sensor que transmite las cargas de amarre, la presión del sistema y/o la altura de las olas.

La primera fase es levantar los componentes inferiores para que toquen el flotador. De esa manera forma un "bloque" donde todos los subsistemas están juntos (como se muestra a la derecha en la figura 20A en el modo de instalación).

25 El primer paso consiste en izar el cilindro hidráulico 164, el subsistema de prefiltro 161 y el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 a través de la abertura 1224 como se muestra en la figura 20B utilizando el cabrestante 1222. Esta disposición compacta ya reduce la carga sobre los elementos mecánicos. Se contempla que durante condiciones climáticas menos violentas, este paso solo puede ser suficiente para mejorar la capacidad de supervivencia del sistema 150. Sin embargo, el sistema de anclaje 1200 todavía retiene mucha carga de la acción de las olas altas.

30 Se contempla que el cabrestante 1222 pueda ser operado de manera autónoma mediante dispositivos de almacenamiento de energía, actuador y controles. Para controlar el cabrestante 1222 de forma autónoma, se contempla que la energía podría almacenarse en una o más baterías recargadas por un panel solar, como el panel solar 1166 (figura 16), y luego suministrarse a un actuador de cabrestante (no mostrado) o podría suministrarse al actuador del cabrestante directamente desde el panel solar. Se podría utilizar un controlador lógico programable para accionar sistemas de baja potencia como válvulas y relés. El mismo tipo de control del cabrestante 1222 podría lograrse con circuitos lógicos hidráulicos o neumáticos.

35 Se contempla que el cabrestante 1222 podría ser accionado manualmente por un operador humano, electrónicamente (es decir, motor y baterías), neumáticamente (es decir, depósito de gas presurizado y motor neumático) o hidráulicamente (es decir, fluido presurizado dentro de un acumulador lleno de gas y un motor hidráulico) .

También se contempla que la actuación hidráulica del cabrestante 1222 podría integrarse con el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 que ya contiene agua a presión. Para lograr esto, se podría proporcionar un acumulador hidráulico adicional para almacenar agua a presión. El agua de este acumulador se usa luego para accionar un motor hidráulico que está conectado al cabrestante 1222.

45 El segundo paso consiste en hundir el sistema dispuesto como se muestra en la figura 20A en el lecho marino 1160 como se muestra en la figura 21, o al menos sumergirlo. Esto se puede lograr reduciendo la flotabilidad del flotador 166. En una realización, el flotador 166 es un flotador inflable. La flotabilidad de dicho flotador 166 puede reducirse liberando al menos parte del gas contenido en el flotador 166. En otra realización, el flotador 166 tiene lastre que puede llenarse con agua para reducir la flotabilidad del flotador 166. En una realización que se muestra en la figura 50 21, la placa de arrastre 168 se reemplaza por una placa de arrastre 168' que tiene un contorno doblado hacia arriba que protege los lados del sistema 150 del impacto en caso de que el sistema 150 no se hunda hacia abajo y/o si el lecho marino 1160 no está a nivel El contorno elevado de la placa de arrastre 168' también protege los lados del sistema 150 en caso de que el sistema se mueva a lo largo del lecho marino 1160 durante la tormenta.

55 El tercer paso consiste en mantener el sistema 150 lo más estacionario posible sobre el fondo marino 1160 durante la duración de la tormenta. En una realización, las cuerdas 1206 del sistema de anclaje 1200 son elásticas, por lo que se aplica una tensión entre el sistema 150 y el ancla 1202 que ayuda a mantener el sistema 150 en su lugar. En otra

realización, se usan uno o más cabrestantes para enrollar las cuerdas para mantener una tensión entre el sistema 150 y el ancla 1202 que ayuda a mantener el sistema 150 en su lugar. También se contempla que se podrían agregar otros componentes.

5 Una vez que pasa la tormenta, el sistema 150 vuelve a la superficie mientras aún está en su disposición compacta (figura 19C). En una realización que se muestra en la figura 21, se proporciona un sistema neumático 1228 en el flotador 166. En una realización, el sistema neumático 1228 tiene un depósito de gas que se utiliza para inflar el flotador o vaciar los lastres, según la realización del flotador 166, para aumentar la flotabilidad del flotador 166. En otra realización, una línea de aireación 1230 que se abre sobre la superficie del mar al tener su extremo conectado a un pequeño flotador 1232 está conectada a un compresor de aire del sistema neumático 1228. El compresor de aire
10 succiona en aire a través de la línea de aireación 1230 y lo suministra al flotador 166 para inflarlo o para vaciar los lastres, dependiendo de la realización del flotador 166, para aumentar la flotabilidad del flotador 166. En otra realización, la línea de aireación 1230 está conectada al interior del flotador 166 o a sus lastres, según la realización del flotador. Para aumentar la flotabilidad del flotador 166, un operador humano conecta un compresor de aire al final de la línea de aireación 1232 y el compresor de aire suministra aire a través de la línea de aireación 1232 al flotador
15 166 para inflarlo o vaciar los lastres, dependiendo de la realización del flotador 166.

Una vez que el sistema 150 regresa a la superficie del agua, el cabrestante 1222 baja el cilindro hidráulico 164, el subsistema de prefiltro 161, el subsistema de desalinización por ósmosis inversa 190 y la placa de arrastre 168 a su posición operativa (figura 20B).

REIVINDICACIONES

1. Un sistema accionado por olas para la desalinización de agua por ósmosis inversa, RO, que comprende:
 - un convertidor de energía de las olas, WEC, subsistema (54; 162) que comprende:
 - un flotador (58; 166);
 - 5 un miembro de reacción (62; 168); y
 - un primer cilindro hidráulico (60; 164) que comprende:
 - un primer cuerpo de cilindro (172); y
 - un primer pistón (174) recibido deslizantemente en el cuerpo del cilindro,
 - una parte del primer cuerpo del cilindro y el primer pistón están conectados al flotador,
 - 10 otra parte del primer cuerpo del cilindro y el primer pistón está conectados al miembro de reacción,
 - definiendo el primer pistón y el primer cuerpo del cilindro una primera cámara de volumen variable (176) en un primer lado del pistón y una segunda cámara de volumen variable (178) en un segundo lado del pistón, estando el segundo lado opuesto al primer lado,
 - 15 la primera cámara de volumen variable está conectada de forma selectiva hidráulicamente a una toma de agua de mar (152); y
 - un subsistema de desalinización por ósmosis inversa (52) que comprende:
 - una celda de ósmosis inversa (64; 194) que tiene un puerto de entrada de agua de mar (68; 212), un puerto de escape de salmuera (70; 214) y un puerto de escape de permeado (72; 216), estando conectado hidráulicamente de forma selectiva el puerto de entrada de agua de mar a la primera cámara de volumen variable, estando
 - 20 conectado hidráulicamente el puerto de escape de salmuera a una descarga de salmuera (210), estando conectado hidráulicamente el puerto de escape de permeado a una descarga de permeado (202);
 - una membrana RO (66; 196) dispuesta en la celda RO; y
 - un dispositivo de suavizado de flujo, FSD (74; 198) que comprende uno de:
 - 25 un segundo cilindro hidráulico que tiene un segundo cuerpo de cilindro (218) y un segundo pistón (220) recibido de forma deslizante en el segundo cuerpo de cilindro, definiendo el segundo pistón y el segundo cuerpo de cilindro una tercera cámara de volumen variable (222) en un primer lado del segundo pistón y una cuarta cámara de volumen variable (224) en un segundo lado, opuesto al primer lado, del segundo pistón y conectado hidráulicamente al puerto de escape de salmuera (70; 214); o
 - un acumulador (298) que define una tercera cámara de volumen variable y
 - 30 conectado hidráulicamente al puerto de escape de salmuera (70; 214);
 - estando la tercera cámara de volumen variable conectada selectivamente hidráulicamente a la primera cámara de volumen variable (176) y estando conectada hidráulicamente al puerto de entrada de agua de mar (68; 212) de modo que:
 - 35 durante una primera carrera del subsistema WEC, cuando el flotador se mueve en una primera dirección y con la parte del cuerpo del cilindro y el pistón conectados al flotador moviéndose en la primera dirección con respecto a la otra parte del cuerpo del cilindro y el pistón:
 - el agua de mar se suministra desde la primera cámara de volumen variable (176) a la celda RO a través del puerto de entrada de agua de mar (68; 212); y
 - se suministra agua de mar desde la primera cámara de volumen variable (176) al FSD (76; 198); y
 - 40 durante una segunda carrera del subsistema WEC, cuando el flotador se mueve en una segunda dirección opuesta a la primera dirección y con la parte del cuerpo del cilindro y el pistón conectados al flotador moviéndose en la segunda dirección con respecto a la otra parte del cuerpo del cilindro y el pistón:
 - se suministra agua de mar desde la entrada de agua de mar (152) a la primera cámara de volumen variable (176); y
 - 45 el agua de mar se suministra desde el FSD (76; 198) a la celda de ósmosis inversa a través del puerto de entrada

de agua de mar (68; 212) para compensar el suministro intermitente de agua de mar desde el cilindro hidráulico (164).

2. El sistema accionado por olas de la reivindicación 1, que comprende además al menos una válvula (208); y donde:

5 la al menos una válvula conecta de forma selectiva hidráulicamente el puerto de escape de salmuera (70; 214) con la segunda cámara de volumen variable (178);

la al menos una válvula conecta de forma selectiva hidráulicamente la segunda cámara de volumen variable (178) con la descarga de salmuera (210) de modo que:

10 durante la primera carrera, la al menos una válvula conecta hidráulicamente el puerto de escape de salmuera con la segunda cámara de volumen variable para suministrar salmuera desde el puerto de escape de salmuera a la segunda cámara de volumen variable; y

durante la segunda carrera, la al menos una válvula conecta hidráulicamente la segunda cámara de volumen variable con la descarga de salmuera para suministrar salmuera desde la segunda cámara de volumen variable a la descarga de salmuera.

15 3. El sistema accionado por olas de la reivindicación 2, en el que al menos una válvula es una válvula de tres vías (208) que tiene un primer puerto de flujo conectado hidráulicamente al puerto de escape de salmuera, un segundo puerto de flujo conectado hidráulicamente a la descarga de salmuera y un tercer puerto de flujo conectado hidráulicamente a la segunda cámara de volumen variable.

4. El sistema accionado por olas de la reivindicación 2, en el que el primer cilindro hidráulico comprende además:

20 una primera varilla (180) conectada al primer pistón, estando conectada la primera varilla a la del flotador y al miembro de reacción que está conectado al primer pistón, extendiéndose la primera varilla en la primera cámara de volumen variable; y

una segunda varilla (182) conectada al primer pistón y que se extiende en la segunda cámara de volumen variable, teniendo la segunda varilla un diámetro mayor que la primera varilla.

5. El sistema accionado por olas de la reivindicación 1, en el que:

25 el flotador es un primer flotador; y

el subsistema WEC comprende además un segundo flotador conectado al del primer cuerpo del cilindro y estando conectado el primer pistón al elemento de reacción.

30 6. El sistema accionado por olas de la reivindicación 1, en el que el subsistema de desalinización por ósmosis inversa comprende además un dispositivo de suavizado de presión, PSD (76; 206), que comprende un acumulador conectado hidráulicamente entre el puerto de escape de salmuera (70; 214) y la descarga de salmuera (210) para que el PSD acumule salmuera durante la primera carrera y libere salmuera durante la segunda carrera.

35 7. El sistema accionado por olas de la reivindicación 1, en el que el subsistema de desalinización por ósmosis inversa comprende además un dispositivo de suavizado de presión, PSD, que comprende un acumulador conectado hidráulicamente entre el puerto de escape de salmuera (214) y la cuarta cámara de volumen variable (224) para que el PSD acumule salmuera durante la primera carrera y suministre salmuera a la cuarta cámara de volumen variable durante la segunda carrera.

8. El sistema accionado por olas de la reivindicación 1, que comprende además un subsistema de prefiltro (80; 652; 752; 852; 952), comprendiendo el subsistema de prefiltro al menos un prefiltro (156; 356; 556) conectado hidráulicamente entre la toma de agua de mar (82; 152) y la primera cámara de volumen variable (176).

40 9. El sistema accionado por olas de la reivindicación 8, en el que:

el subsistema de prefiltro comprende además:

un tercer cilindro hidráulico (558) que tiene un tercer cuerpo de cilindro (560) y un tercer pistón (562) recibido deslizantemente en el tercer cuerpo de cilindro,

una parte del tercer cuerpo del cilindro y el tercer pistón están conectados al flotador,

45 otra parte del tercer cuerpo del cilindro y el tercer pistón están conectados al elemento de reacción,

el tercer pistón y el tercer cuerpo del cilindro definen una quinta cámara de volumen variable (564),

estando la quinta cámara de volumen variable conectada de forma selectiva hidráulicamente a la entrada de agua de mar (212), y

estando conectada hidráulicamente la quinta cámara de volumen variable al al menos un prefiltro (156; 356; 556) para suministrar agua de mar al al menos un prefiltro durante una de las carreras primera y segunda.

10. El sistema accionado por olas de la reivindicación 8, en el que:

5 el subsistema de prefiltro comprende además una válvula (654) que comunica hidráulicamente selectivamente al menos un prefiltro (156) con una de las segundas cámaras de volumen variable (178), el puerto de escape de permeado (72; 216) y un acumulador (656); y

cuando la válvula se abre, el agua fluye desde la segunda cámara de volumen variable, el puerto de escape de permeado y el acumulador a través del al menos un prefiltro para retro lavar el al menos un prefiltro.

10 11. El sistema accionado por olas de la reivindicación 8, en el que el subsistema de prefiltro comprende además un acumulador (557) conectado hidráulicamente entre el al menos un prefiltro y la primera cámara de volumen variable.

12. El sistema accionado por olas de la reivindicación 1, que comprende además un acumulador (160) conectado hidráulicamente de forma selectiva a la primera cámara de volumen variable; y

en el que el acumulador suministra agua a la primera cámara de volumen variable durante la segunda carrera.

13. El sistema accionado por olas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que:

15 el primer cuerpo de cilindro del primer cilindro hidráulico del subsistema WEC está conectado al flotador;

el primer pistón del primer cilindro hidráulico del subsistema WEC está conectado al miembro de reacción;

la primera cámara de volumen variable es una cámara inferior;

la segunda cámara de volumen variable es una cámara superior;

la primera carrera es una carrera ascendente;

20 la primera dirección es una dirección ascendente;

la segunda carrera es una carrera ascendente; y

la segunda dirección es una dirección ascendente.

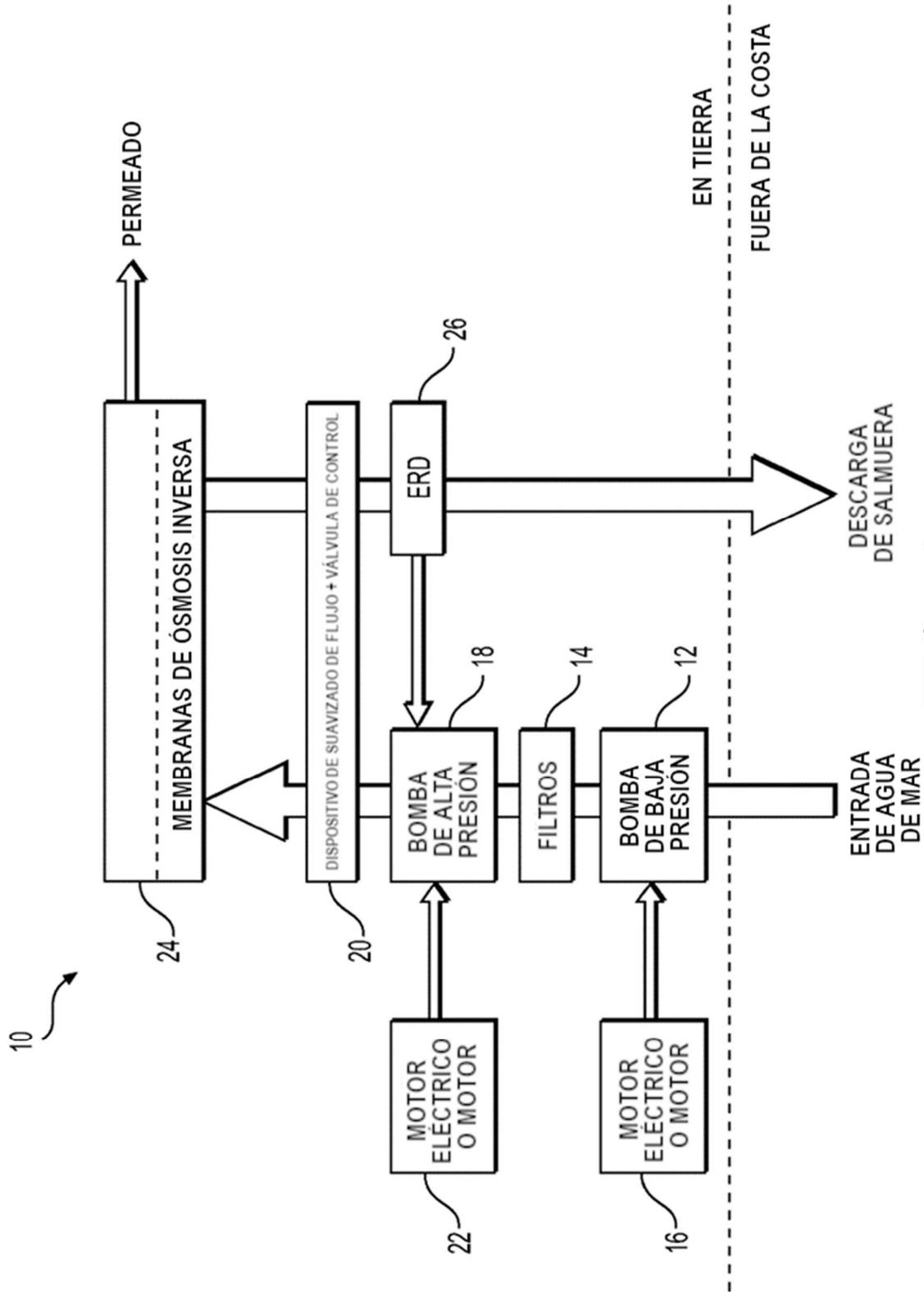


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

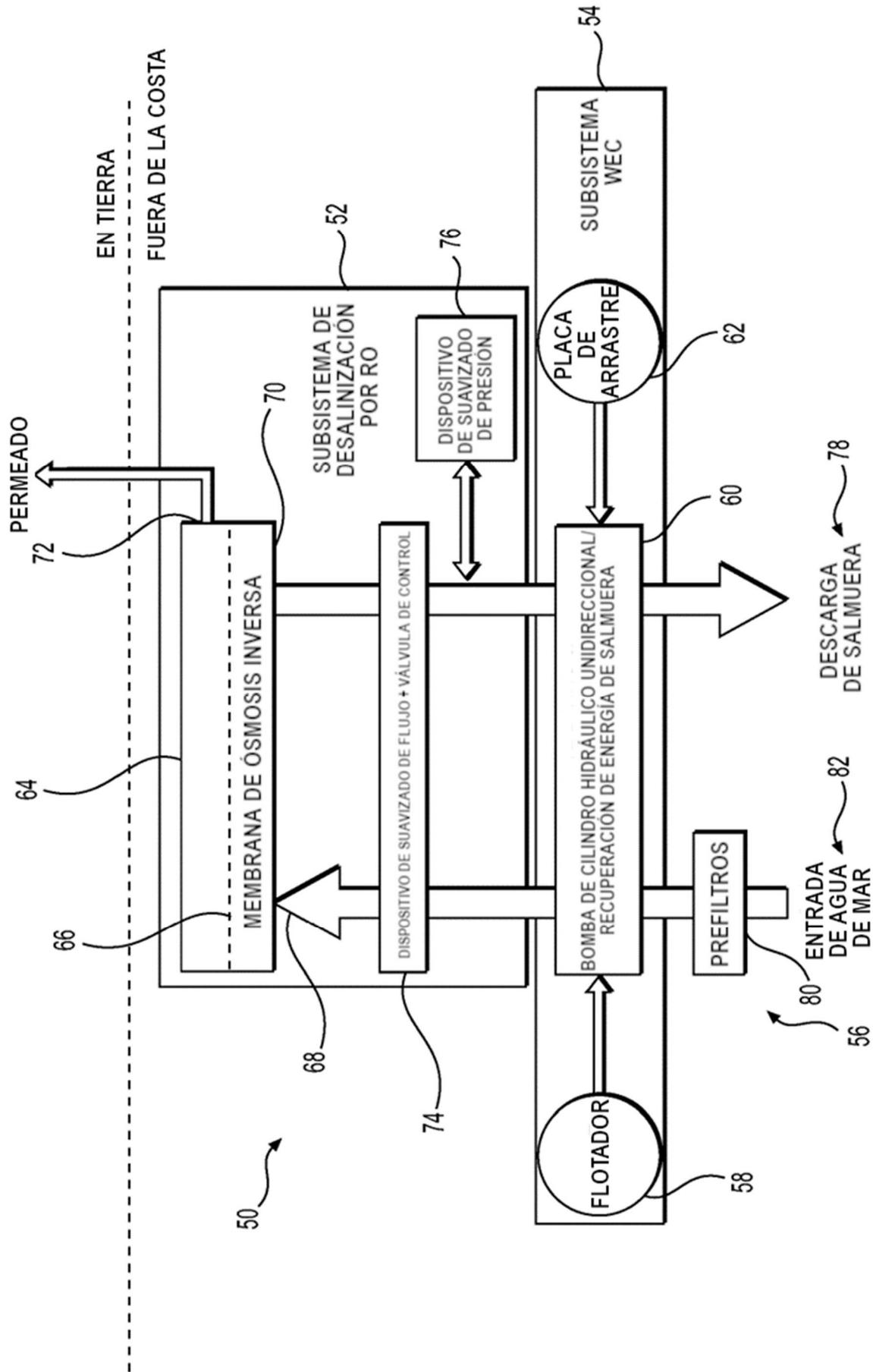


FIG. 2

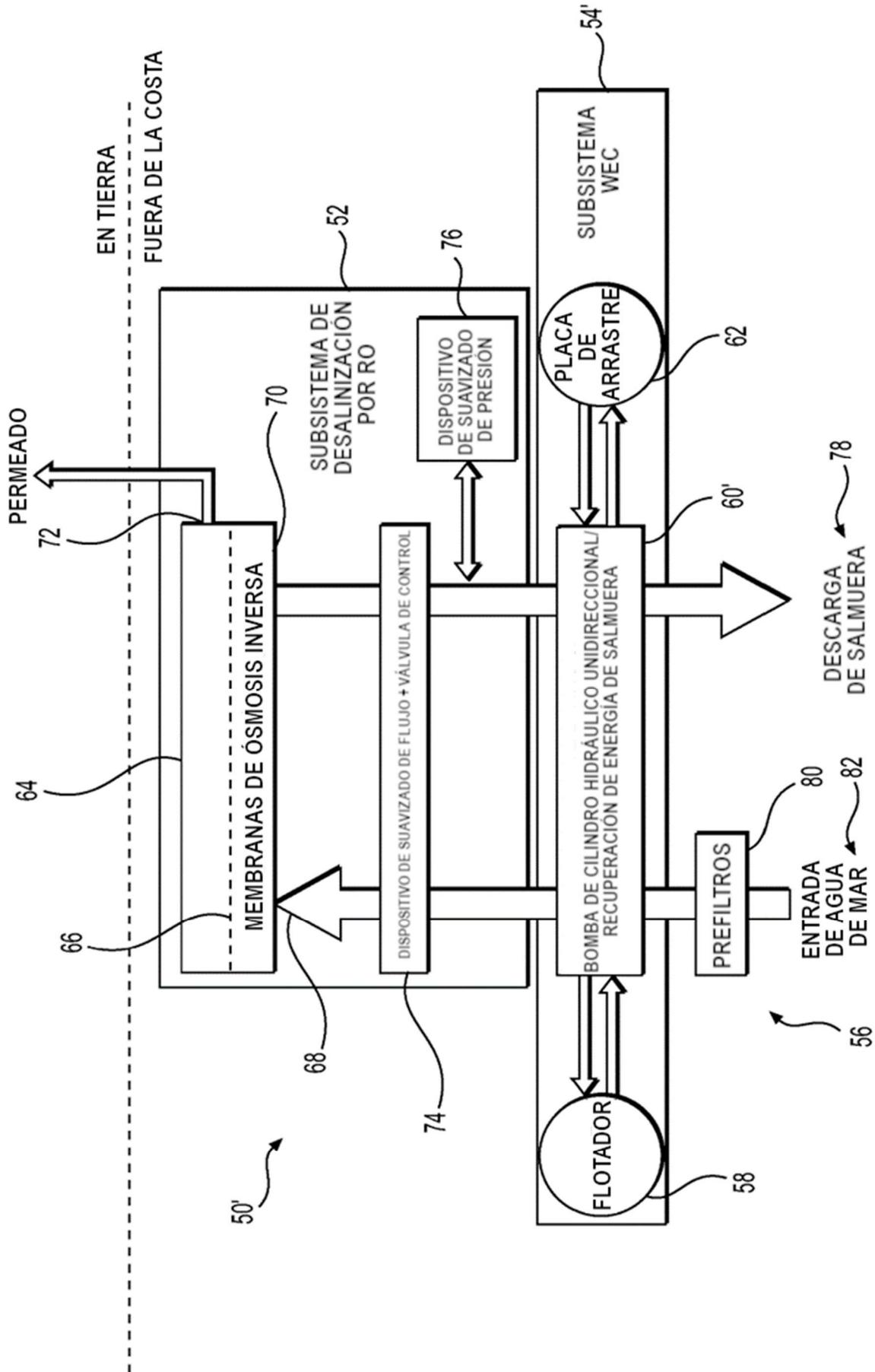


FIG. 3

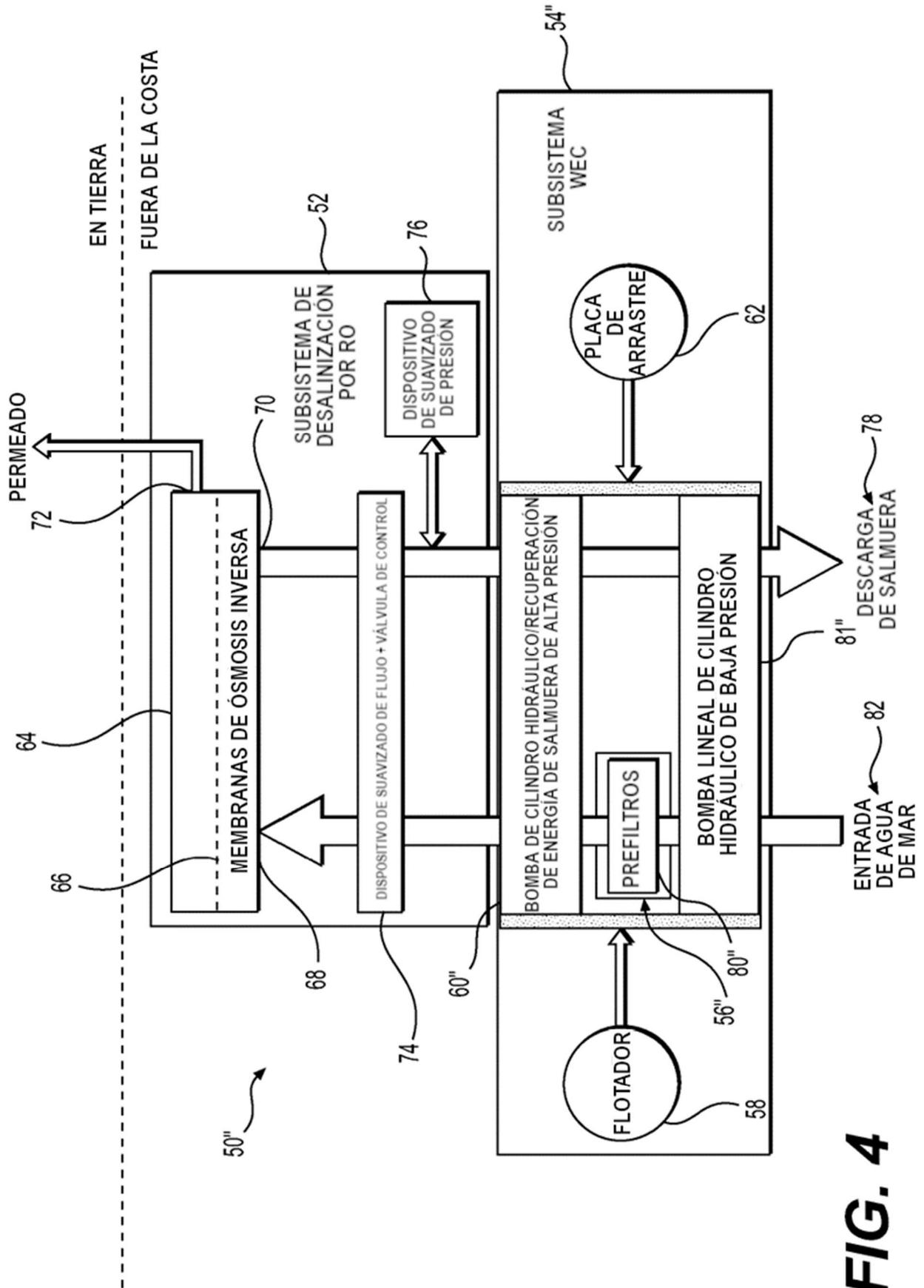


FIG. 4

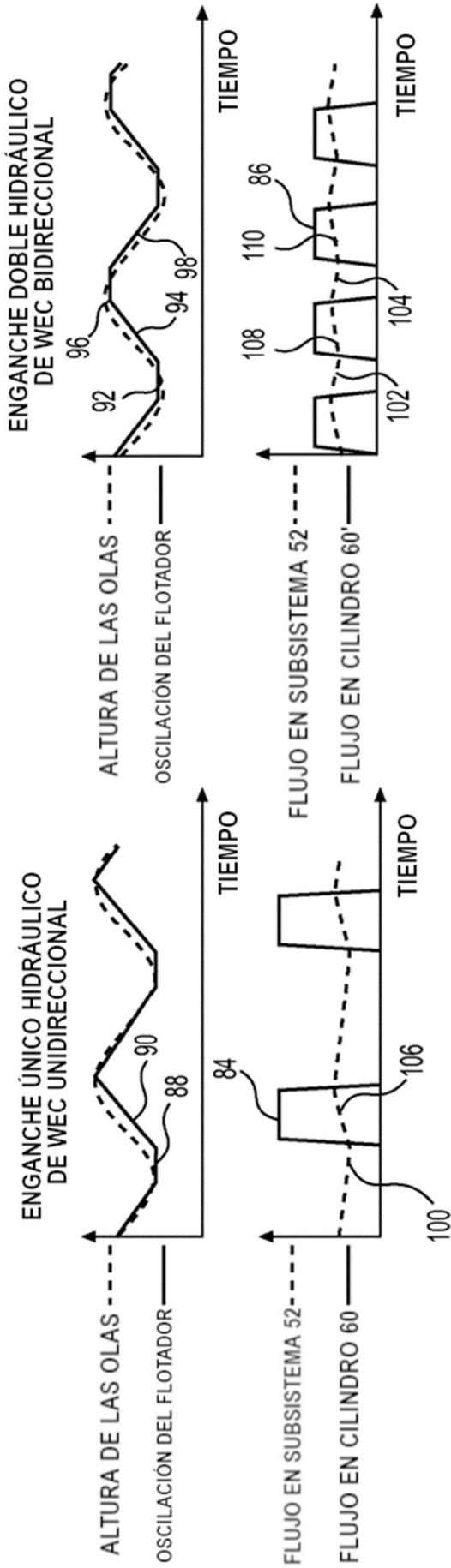


FIG. 5A

FIG. 5B

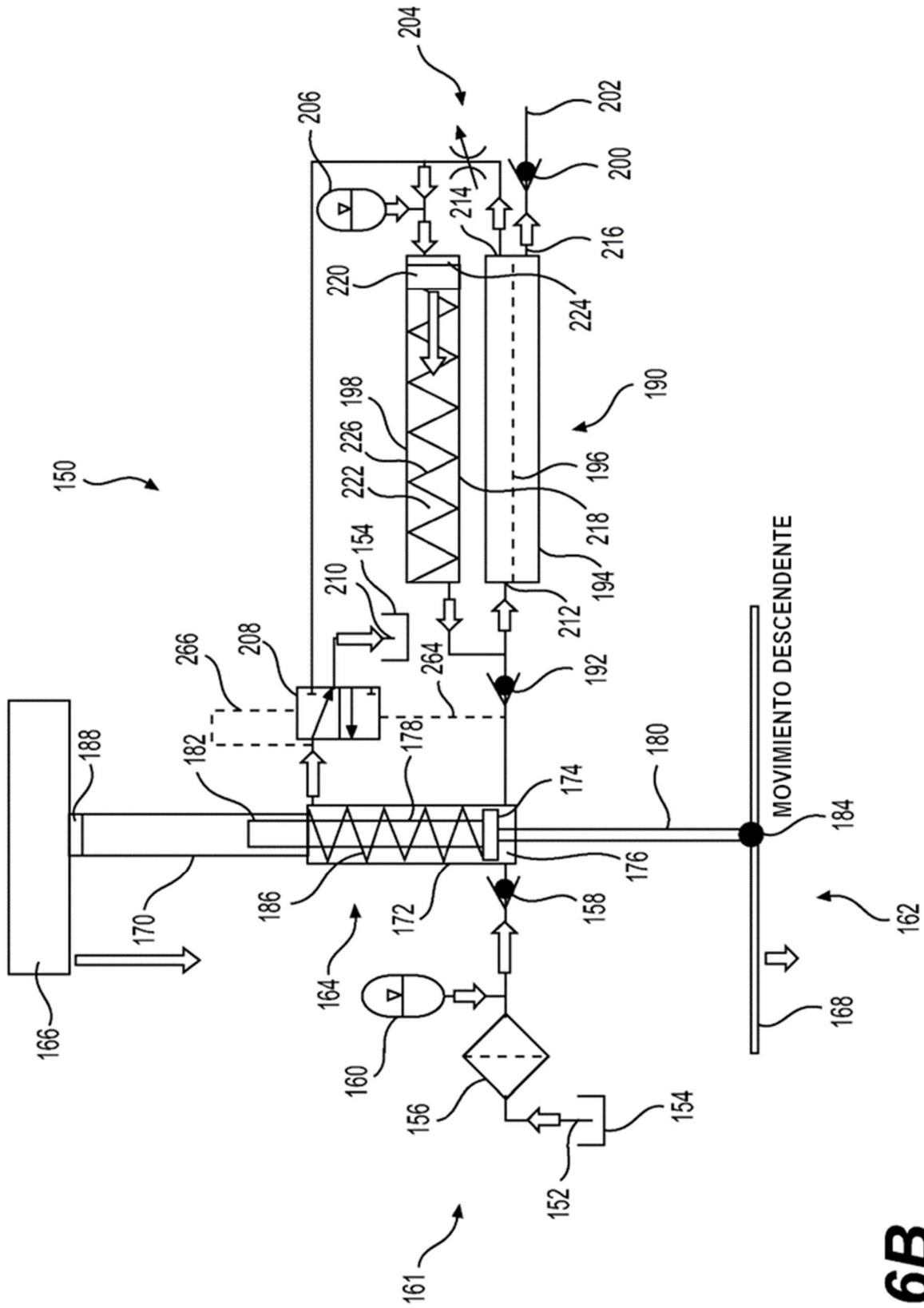


FIG. 6B

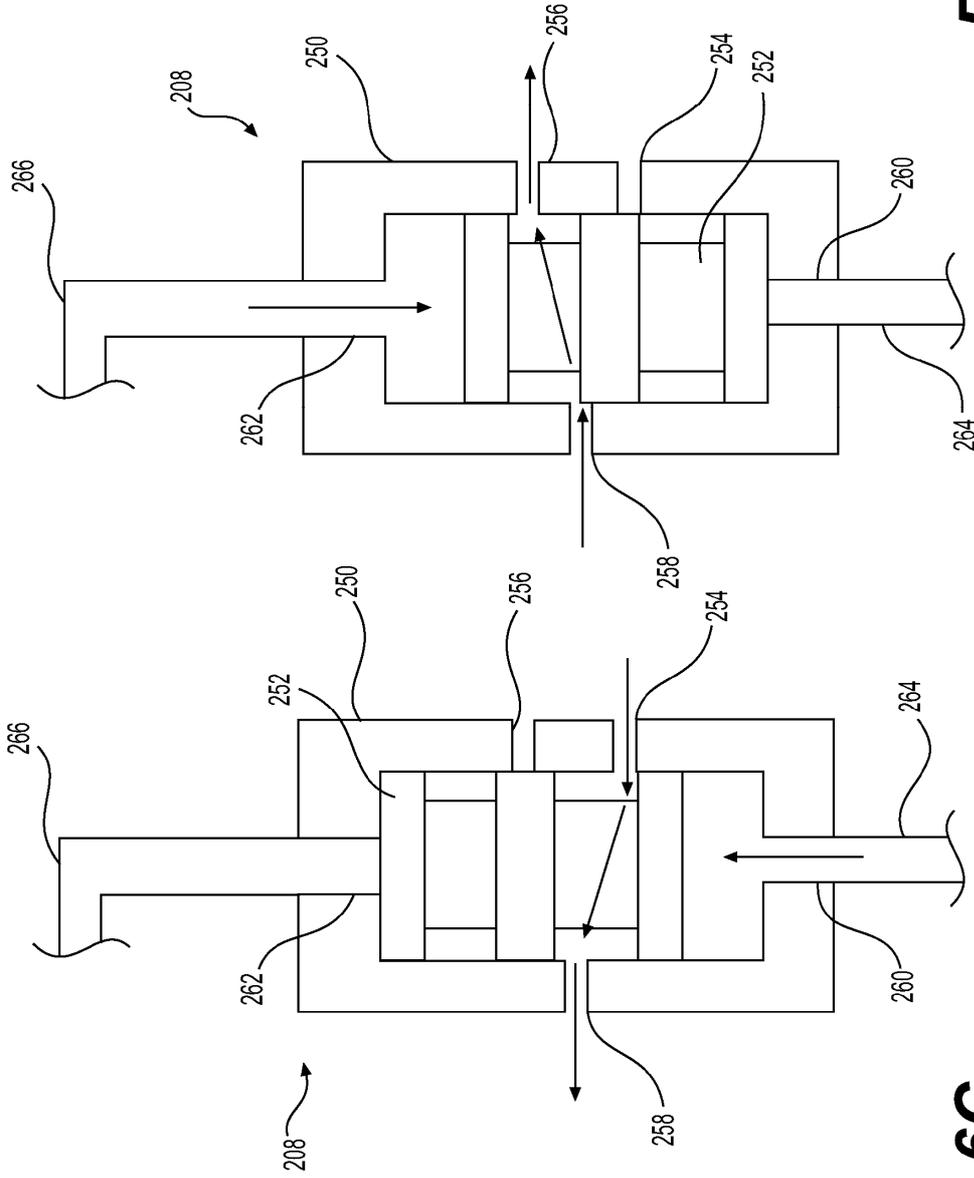


FIG. 6D

FIG. 6C

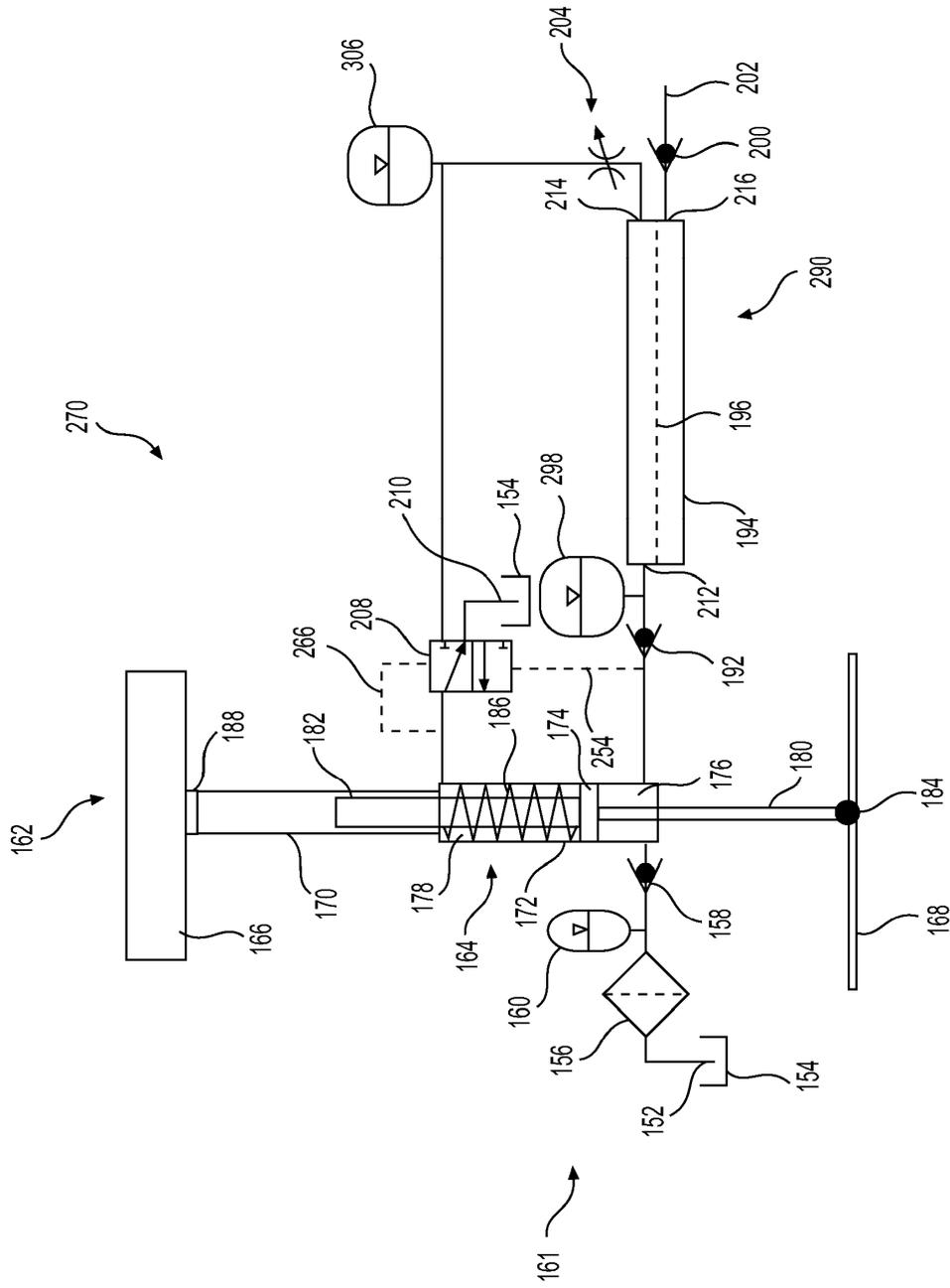


FIG. 7

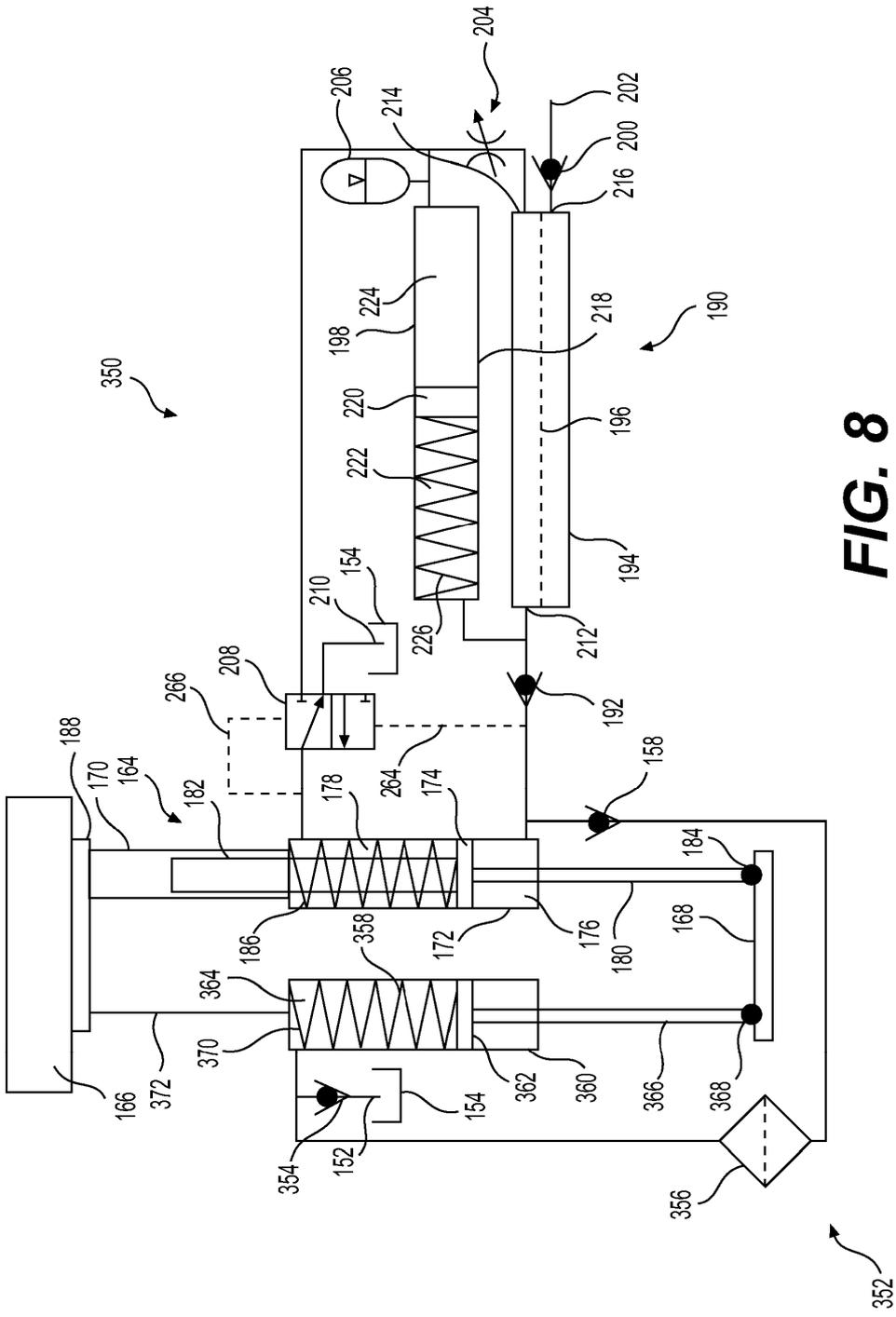


FIG. 8

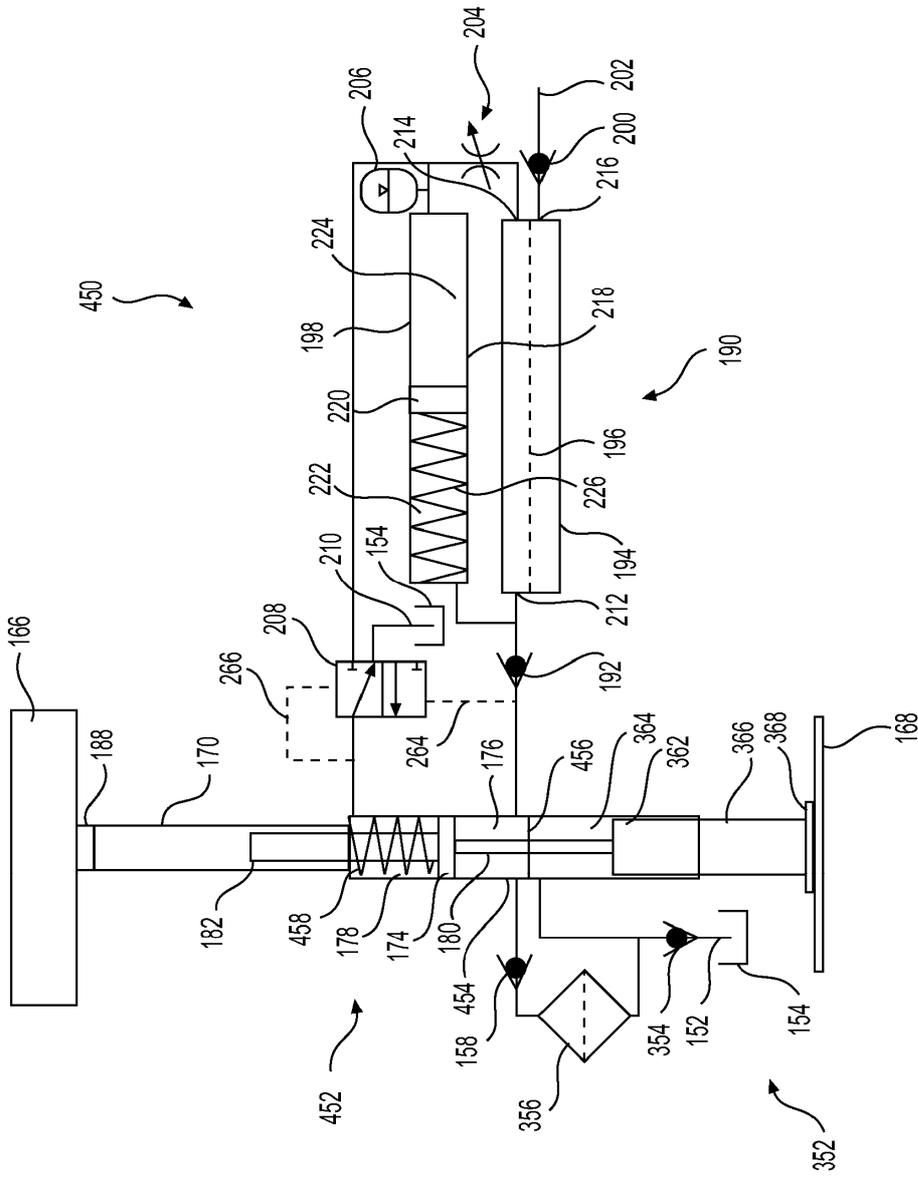


FIG. 9

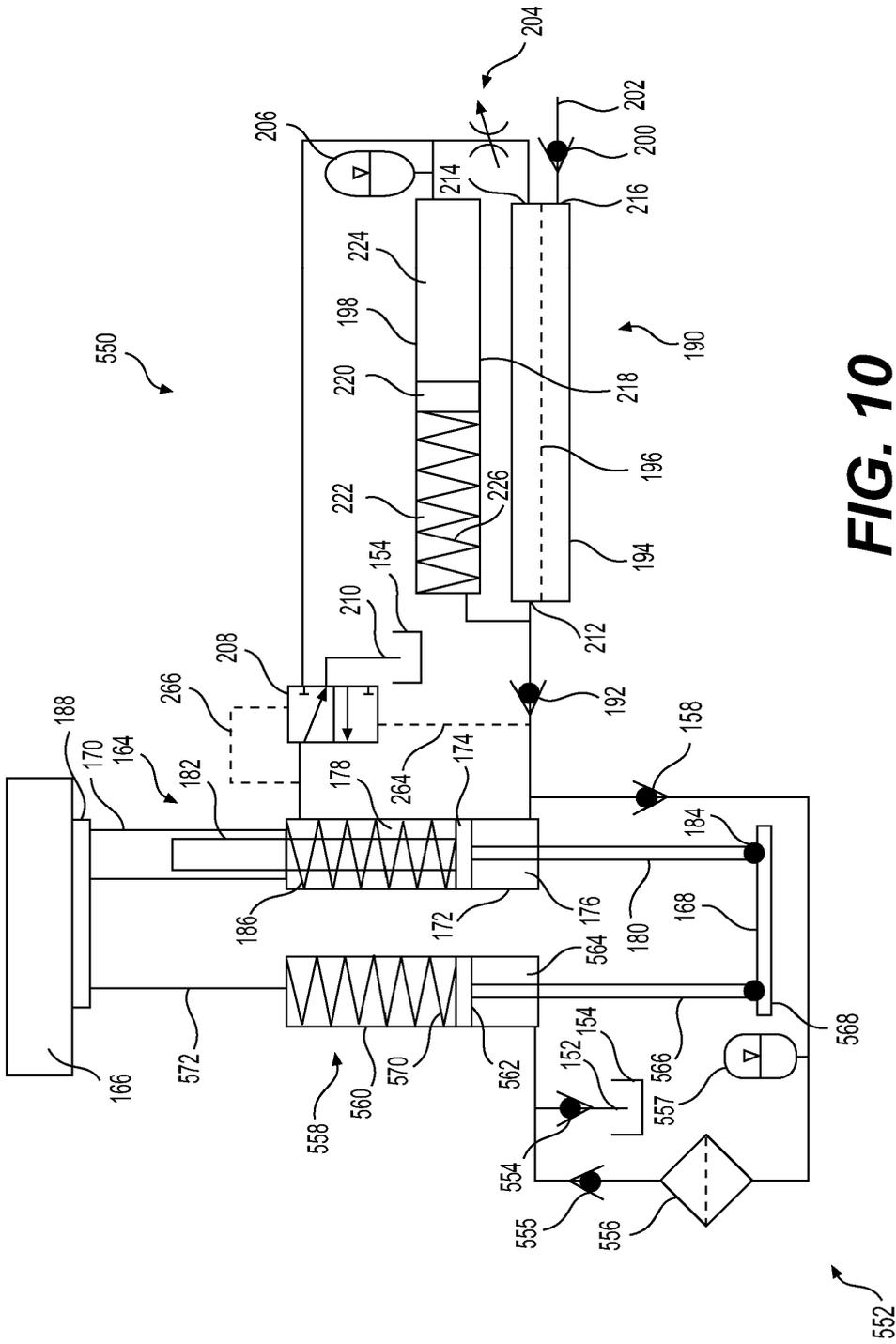


FIG. 10

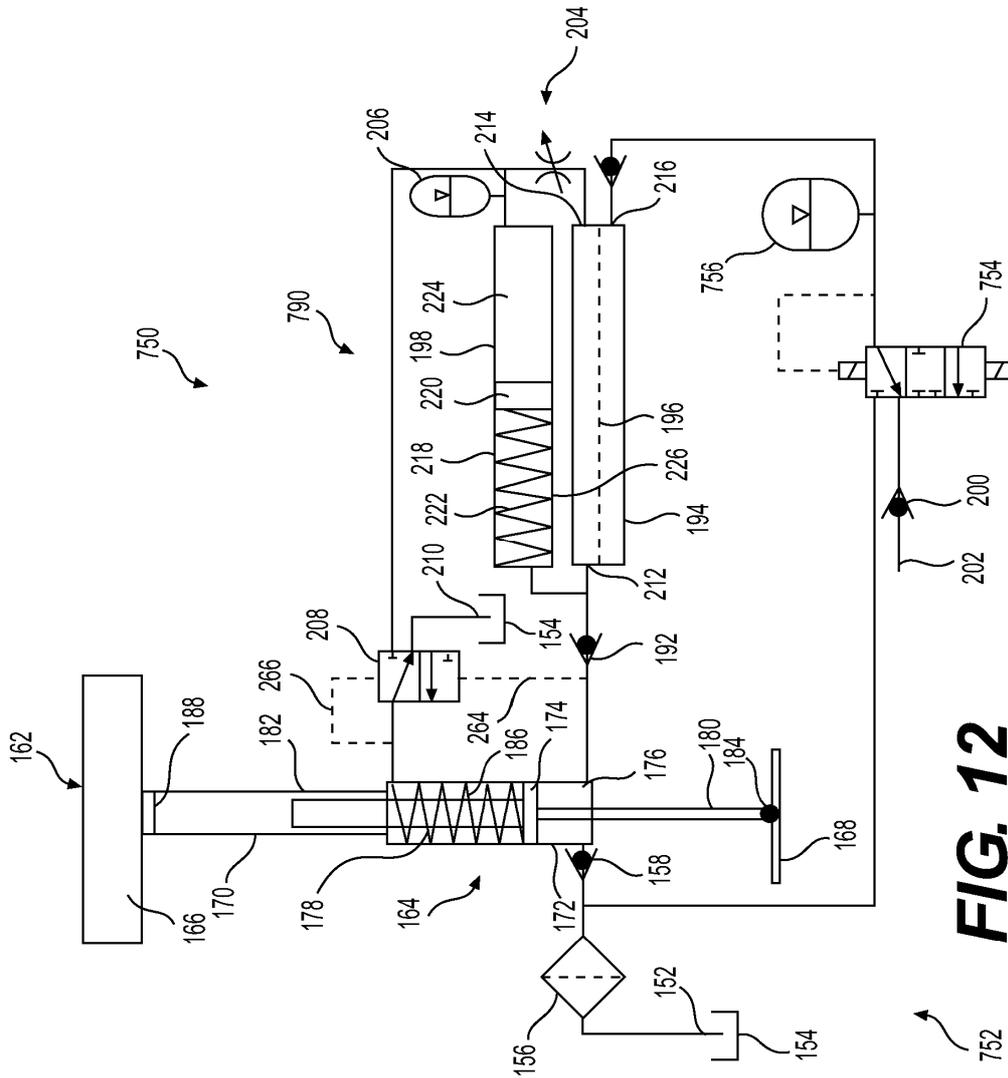


FIG. 12

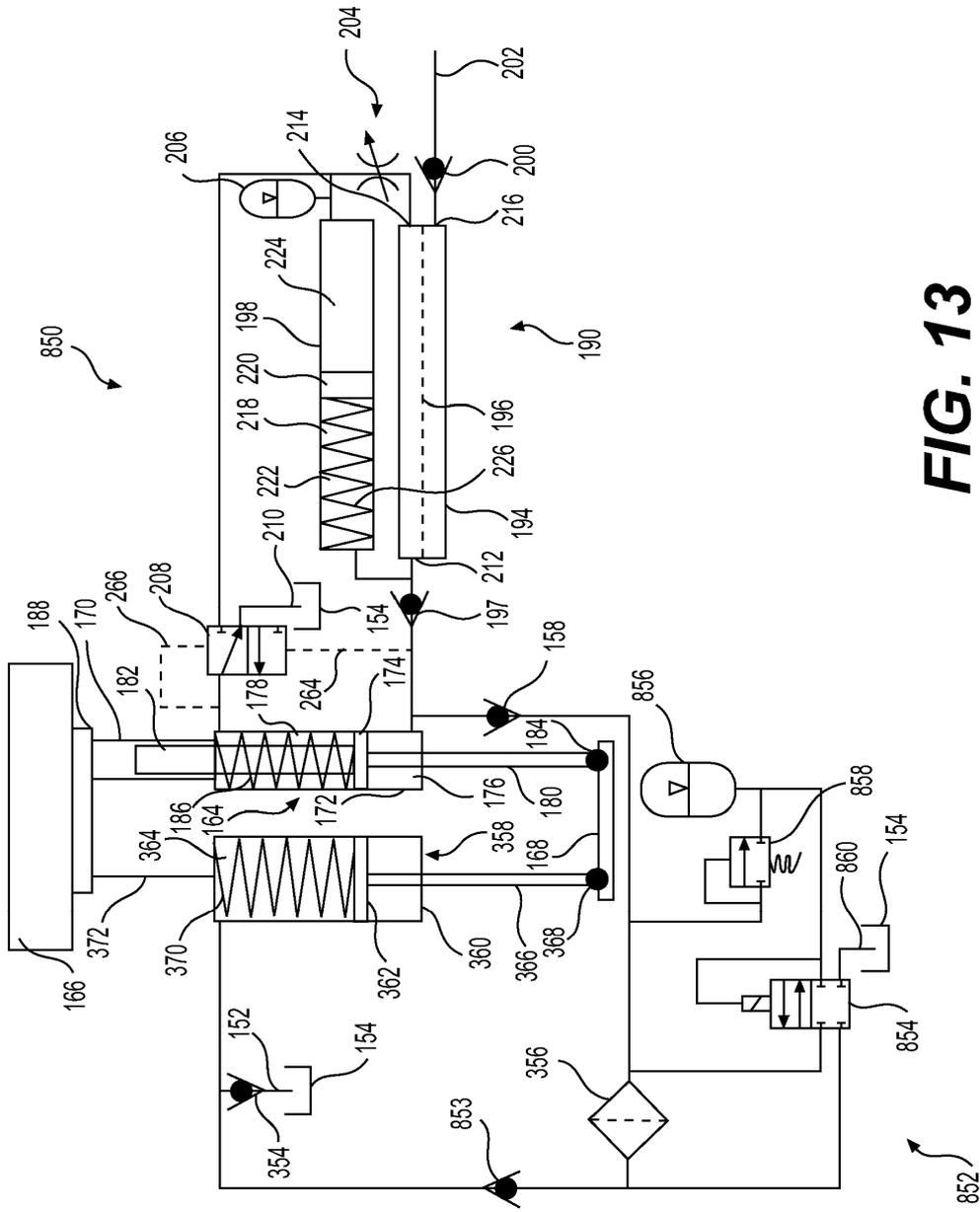


FIG. 13

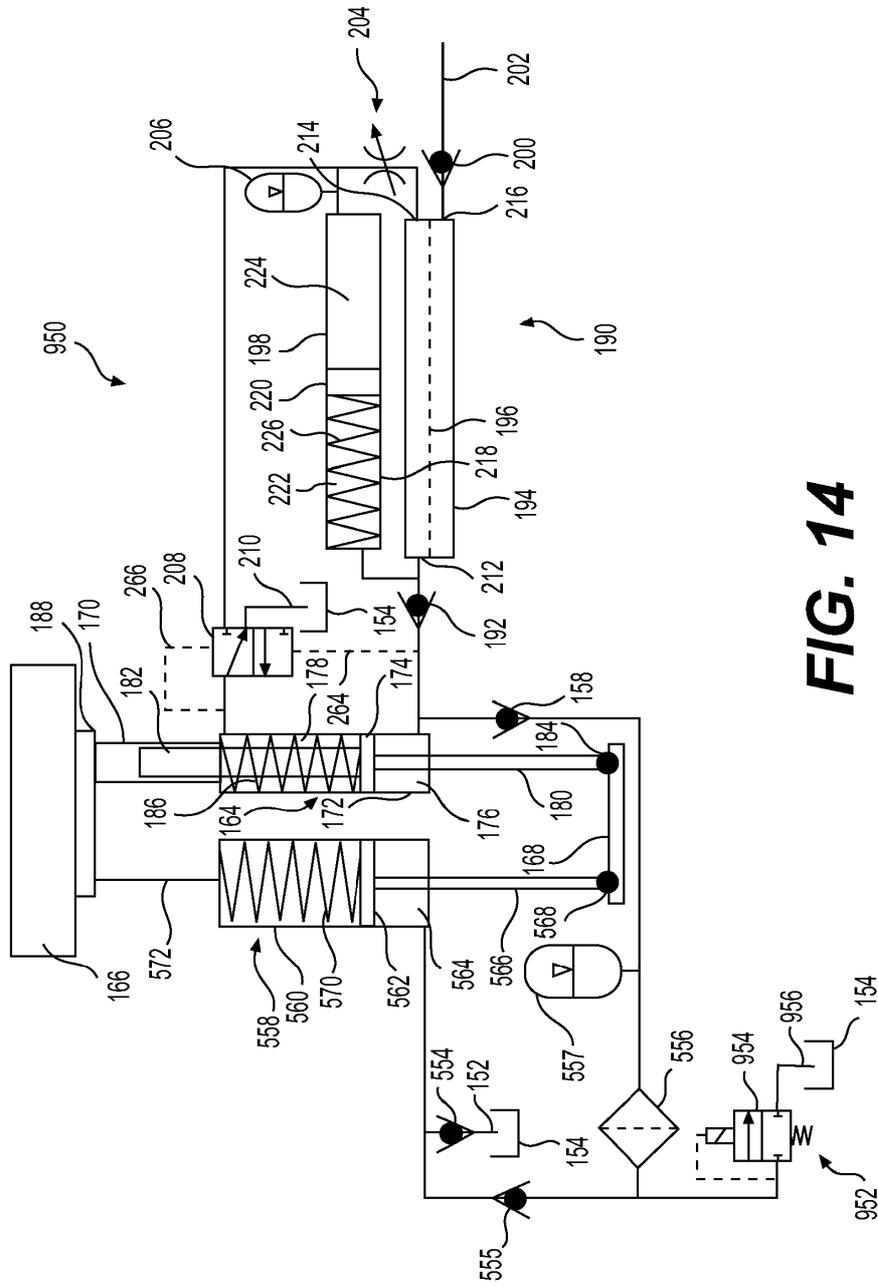


FIG. 14

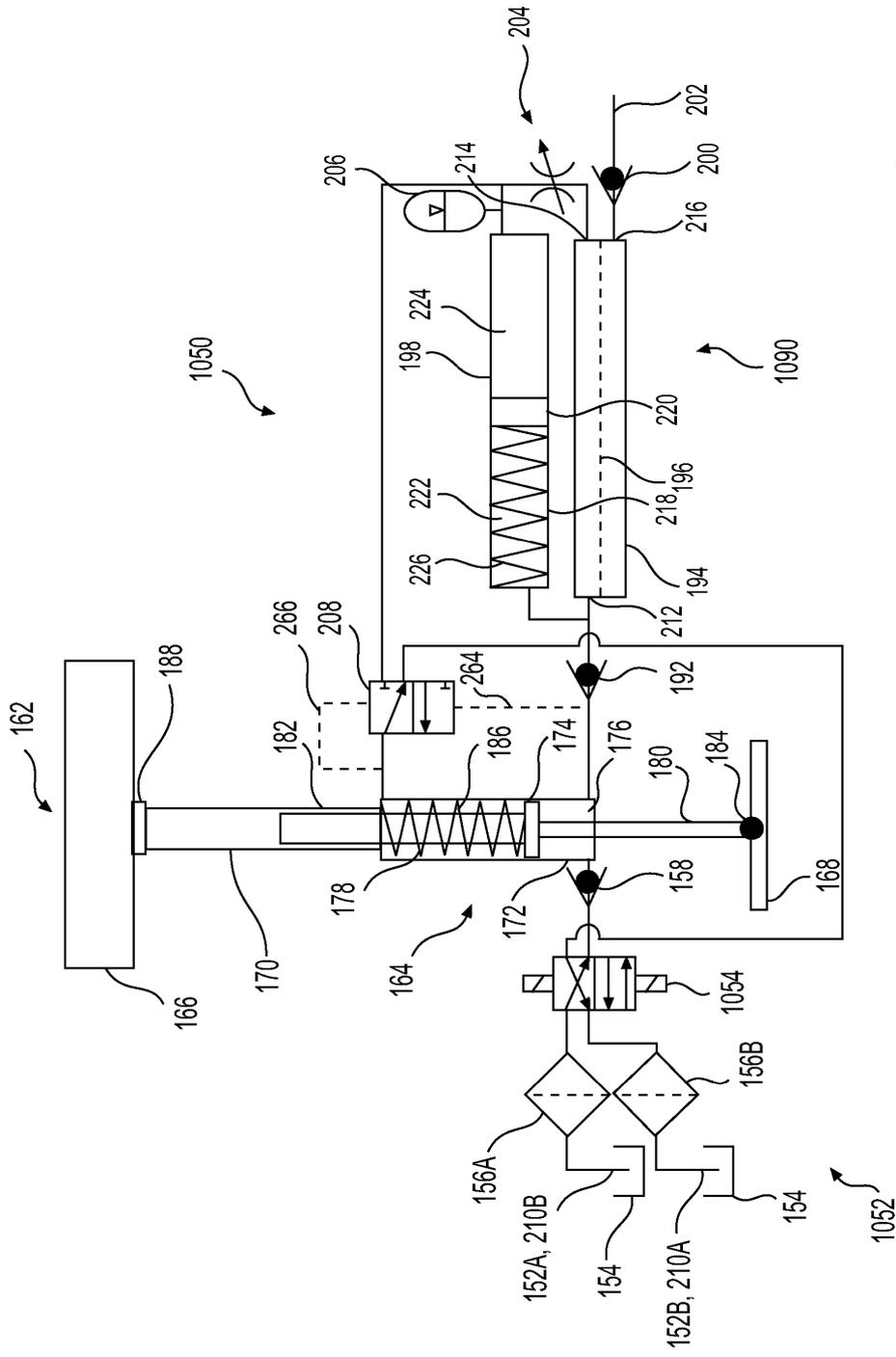


FIG. 15

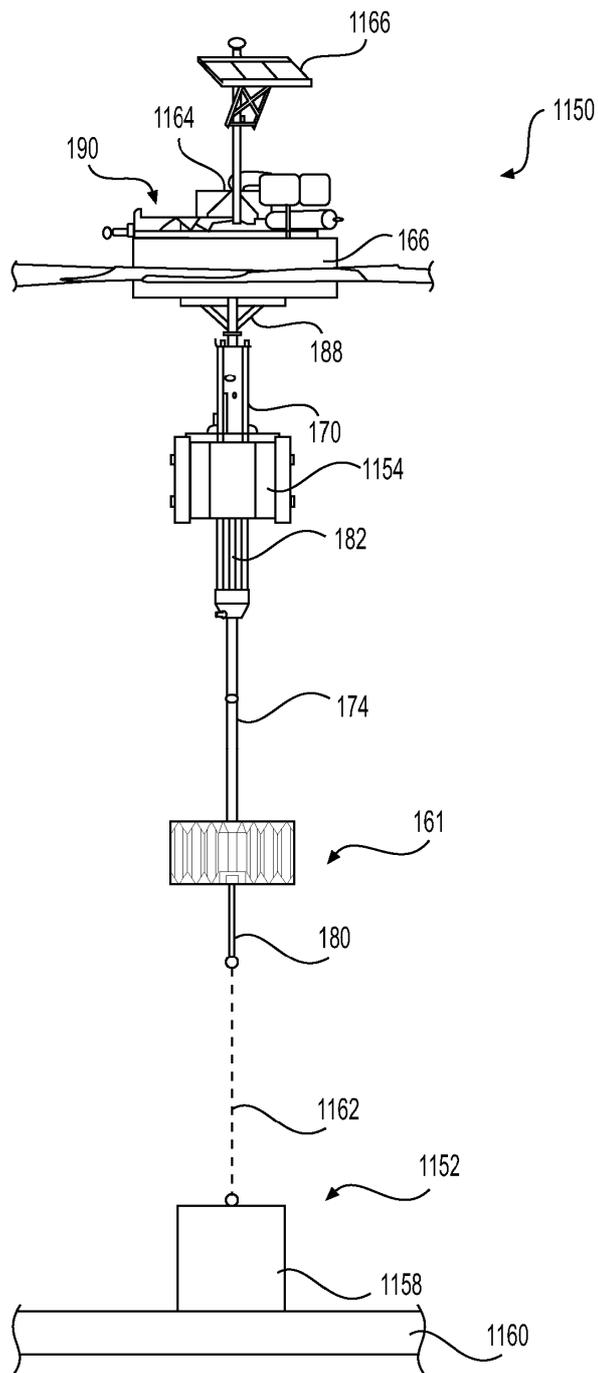


FIG. 16

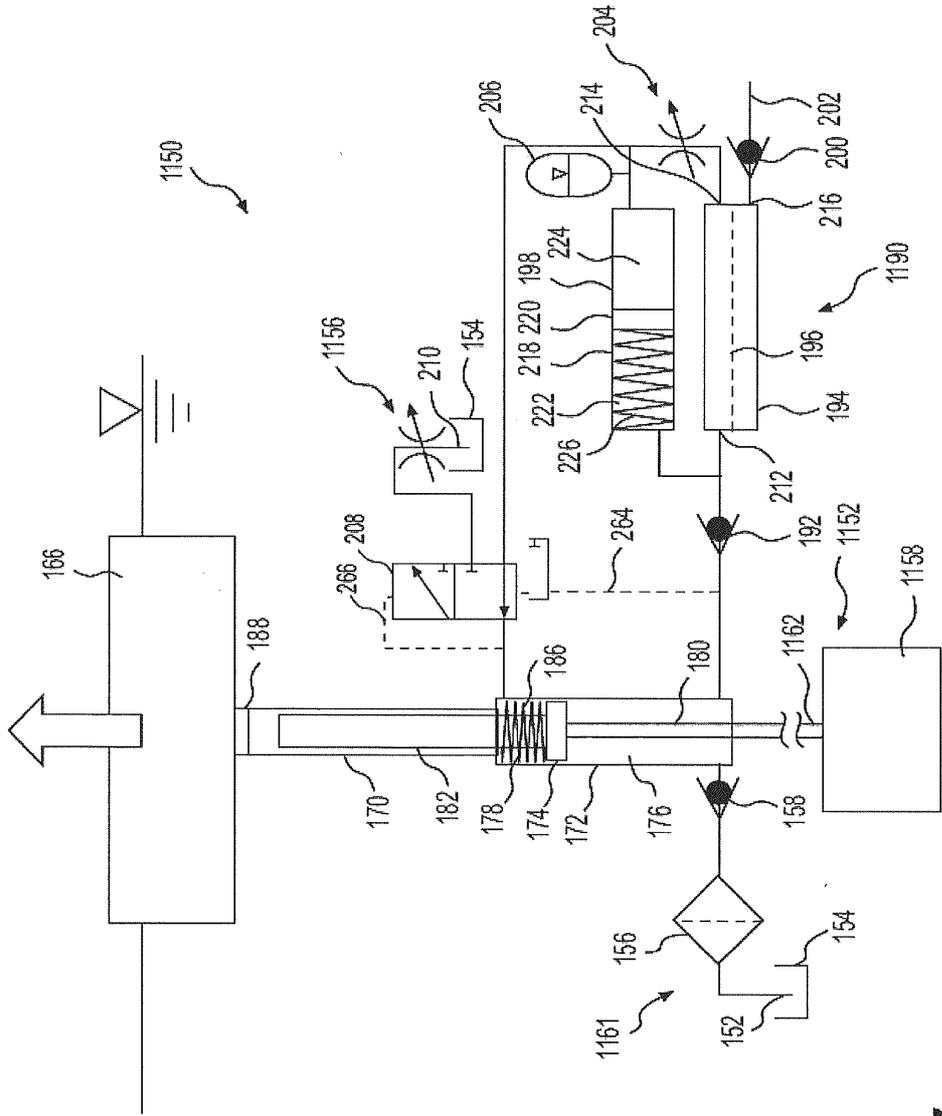


FIG. 17

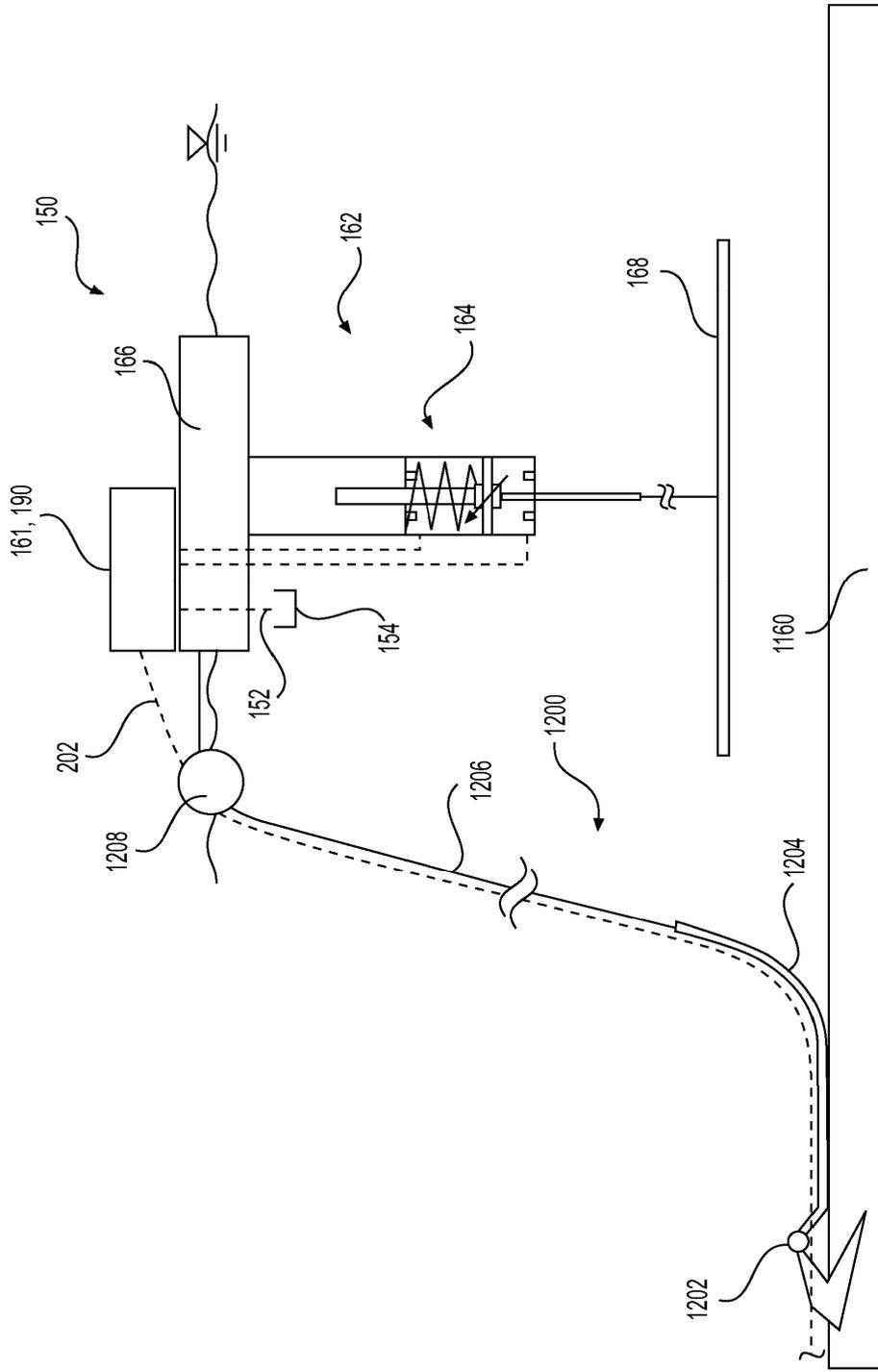


FIG. 18

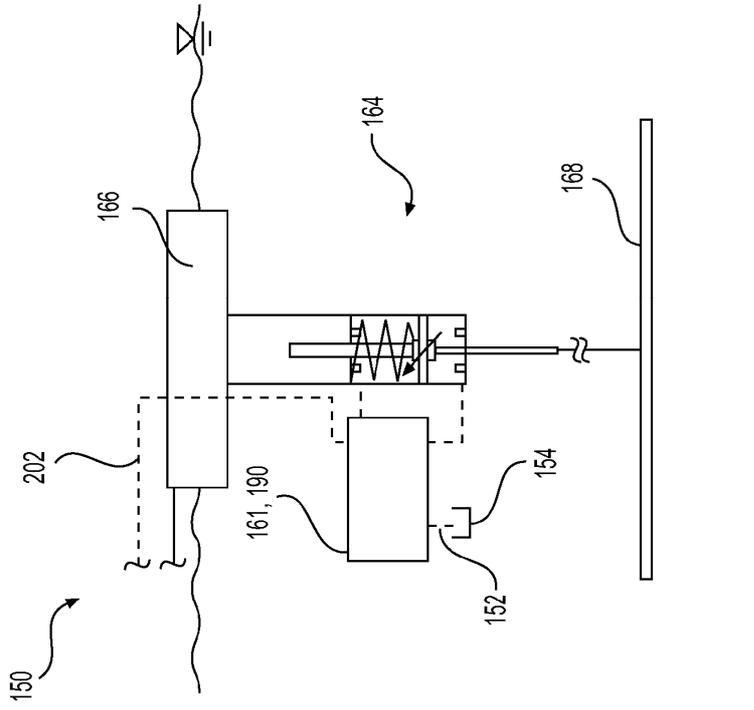


FIG. 19A

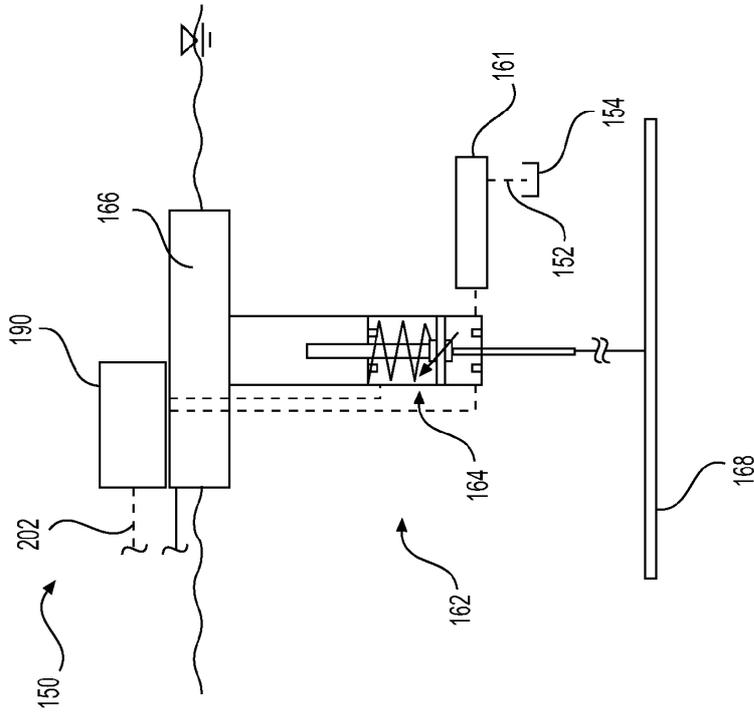


FIG. 19B

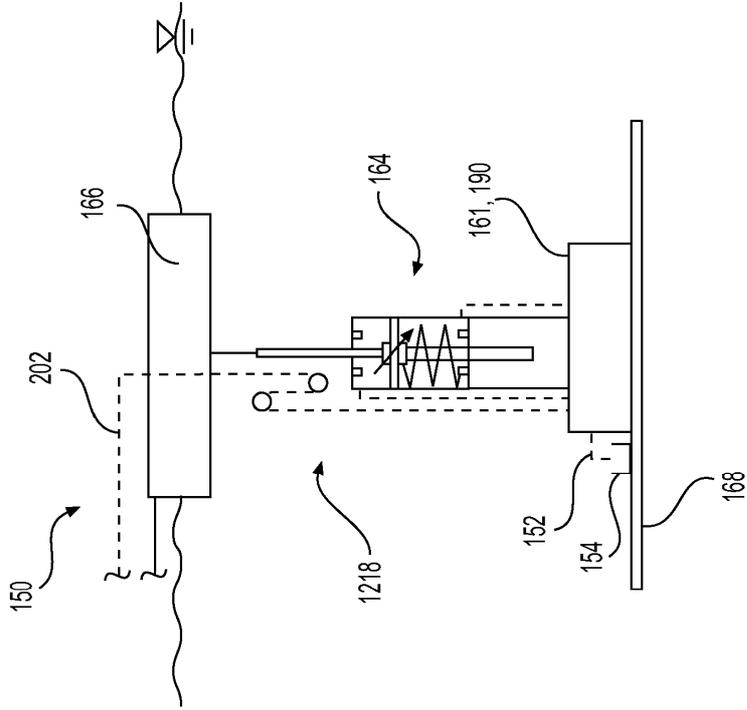


FIG. 19C

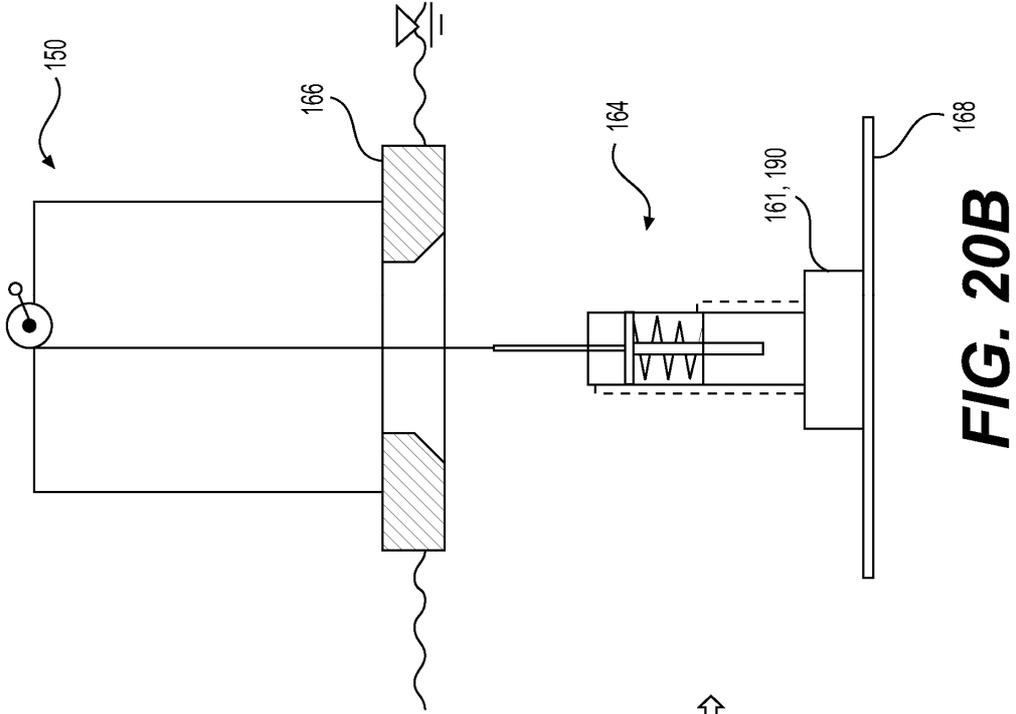


FIG. 20A

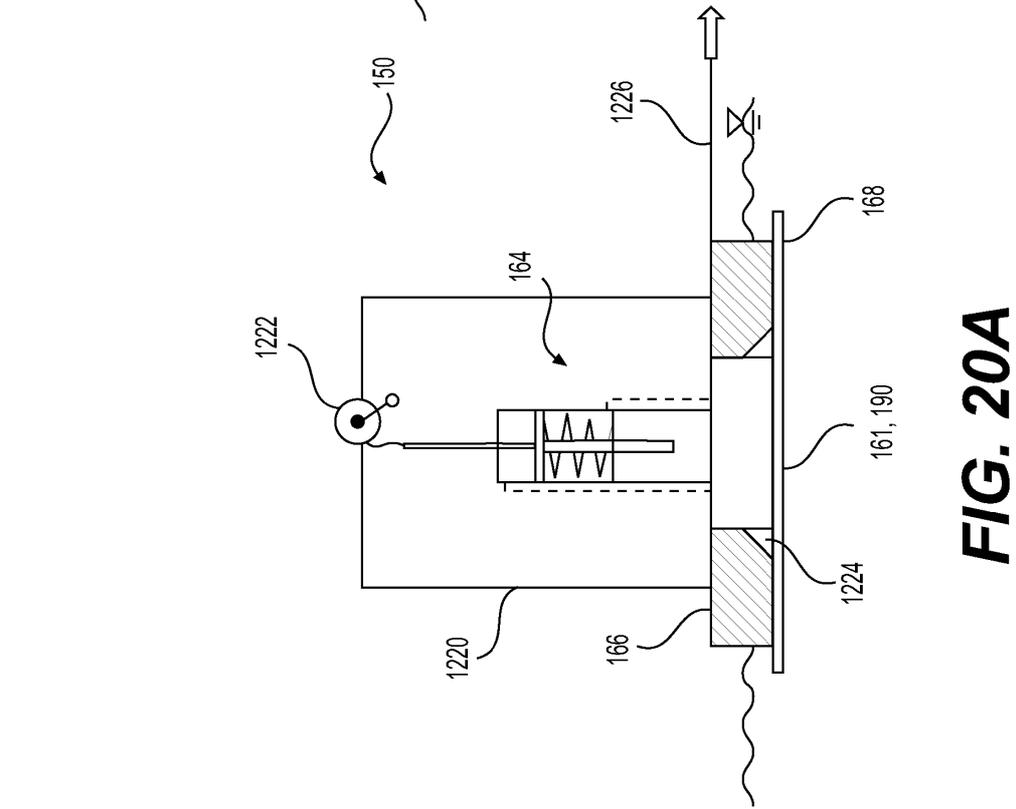


FIG. 20B

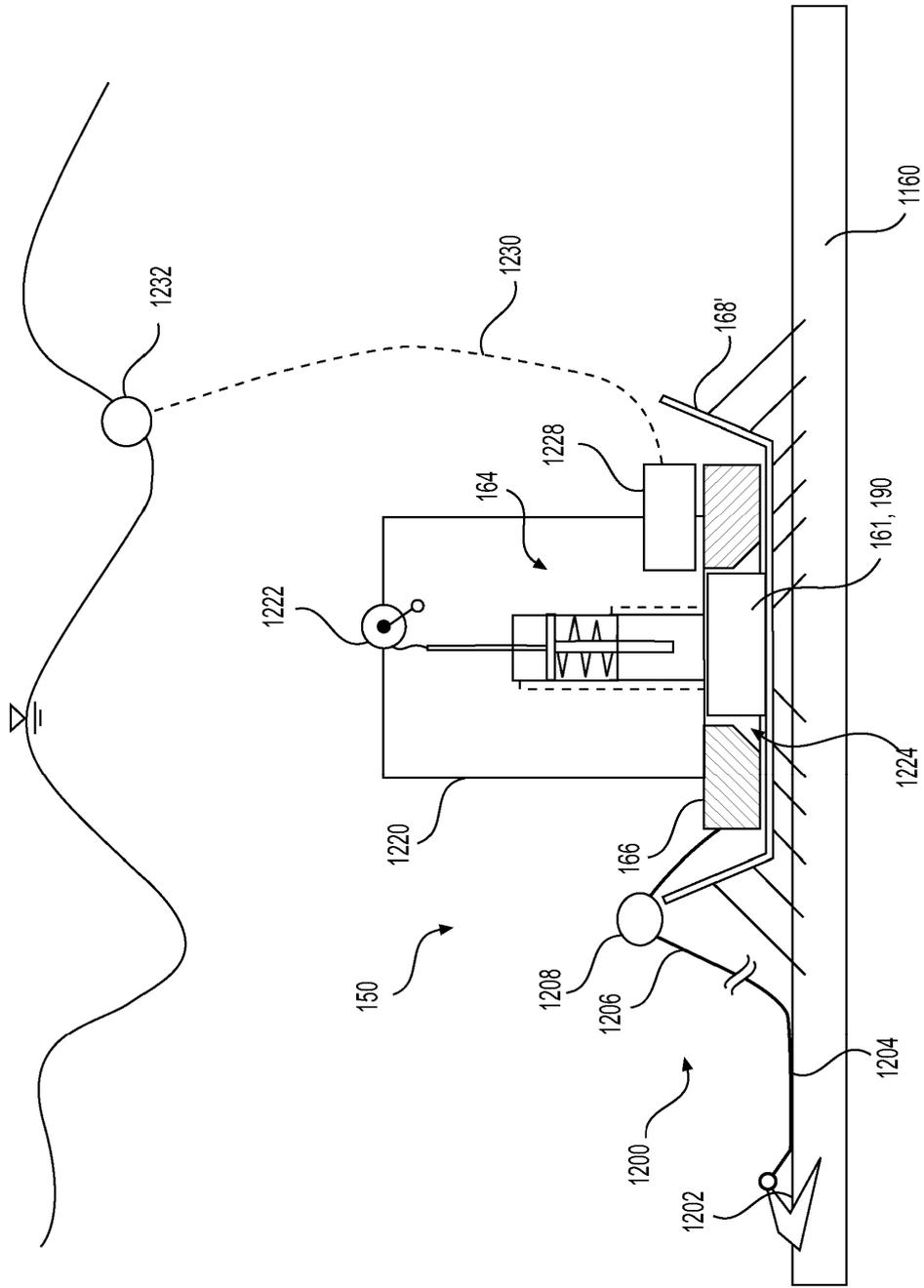


FIG. 21