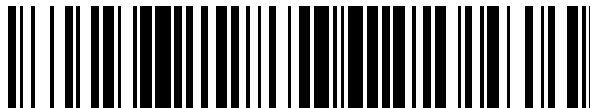


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 605**

51 Int. Cl.:

C02F 1/461	(2006.01)
B01D 61/44	(2006.01)
C25B 9/08	(2006.01)
C02F 1/52	(2006.01)
C02F 5/02	(2006.01)
C02F 103/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.12.2011 PCT/US2011/063033**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12087537**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2011 E 11799546 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 2655260**

54 Título: **Tratamiento de agua usando una membrana bipolar**

30 Prioridad:

23.12.2010 US 977274

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

04.04.2019

73 Titular/es:

**BL TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
5951 Clearwater Drive
Minnetonka, MN 55341, US**

72 Inventor/es:

**XIAO, CAIBIN;
YANG, HAI y
SUI, CAROLINE, CHIHU**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 707 605 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

Tratamiento de agua usando una membrana bipolar

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al uso de un dispositivo de electrolisis para el tratamiento de agua.

Descripción de la técnica relacionada

10 La presencia de especies que forman incrustaciones en sistemas acuosos, tales como aguas salobres y agua de purga o de reposición en una torre de refrigeración, llevan a un aumento en el mantenimiento del sistema y a una reducción en el rendimiento del sistema. En consecuencia, existe la necesidad de reducir la presencia de especies formadoras de incrustaciones en sistemas acuosos.

15 El documento US2009 0159448 describe un procedimiento de tratamiento de agua que comprende: proporcionar un dispositivo de electrolisis que comprende un recipiente de electrolisis; un par de electrodos dispuestos en el recipiente de electrolisis, funcionando el par de electrodos como un electrodo positivo y un electrodo negativo, respectivamente; y una celda unidad dispuesta entre el electrodo positivo y el negativo, comprendiendo la celda
 20 unidad que comprende un elemento de membrana bipolar y al menos una membrana de intercambio de cationes, teniendo el elemento de membrana bipolar una cara de intercambio de cationes y una cara de intercambio de aniones, estando la cara de intercambio de cationes más cerca al electrodo negativo que la cara de intercambio de aniones, estando dispuesta dicha al menos una membrana de intercambio de cationes entre la cara de intercambio de aniones del elemento de membrana bipolar y el electrodo positivo, para definir una cámara alcalina entre el
 25 elemento de membrana bipolar y la membrana de intercambio de cationes, dicha membrana de intercambio de cationes es selectiva; una membrana de intercambio de aniones entre el electrodo negativo y la cara de intercambio de cationes del elemento de membrana bipolar, estando definida una cámara ácida entre la membrana de intercambio de aniones y el elemento de membrana bipolar, dicha membrana de intercambio de aniones es selectiva; una primera cámara de agua salada definida entre dicho electrodo negativo y la membrana de intercambio de
 30 aniones, una segunda cámara de agua salada definida entre dicho electrodo positivo y dicha membrana de intercambio de cationes; y una primera entrada que proporciona un flujo de alimentación a dicha primera cámara de agua salada, una segunda entrada que proporciona un flujo de alimentación a dicha segunda cámara de agua salada, una tercera entrada que proporciona un flujo de alimentación a dicha cámara ácida, y una cuarta entrada que proporciona un flujo de alimentación a dicha cámara alcalina; proporcionando flujos de alimentación a dichas primera
 cámara de agua salada, segunda cámara de agua salada, cámara ácida y cámara alcalina, produciendo dicha cámara ácida una solución ácida y dicha cámara alcalina una solución alcalina.

Sumario de la invención

Una realización de la presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de agua tal y como se define en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos de la invención se entenderán a partir de la descripción y de las reivindicaciones en el presente documento, junto con los dibujos que muestran los detalles de la construcción y las realizaciones ejemplares, en las que:

40 La Fig. 1 ilustra de manera esquemática una realización de la membrana bipolar;
 La Fig. 2 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1;
 La Fig. 3 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1;
 La Fig. 4 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1;
 La Fig. 5 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1;
 La Fig. 6 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1;
 45 La Fig. 7 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1; y
 La Fig. 8 ilustra de manera esquemática un procedimiento para hacer funcionar la membrana de la Fig. 1.

Descripción detallada de la invención

50 El lenguaje de aproximación, tal como se usa en el presente documento a lo largo de la memoria descriptiva y de las reivindicaciones, se puede aplicar para modificar cualquier representación cuantitativa que podría variar de manera permisible sin dar como resultado un cambio en la función básica a la que se refiere. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, tal como "aproximadamente", no se limita al valor concreto especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje de aproximación se puede corresponder con la precisión de un instrumento para medir el valor. Las limitaciones del intervalo se pueden combinar y/o intercambiar, y tales intervalos se identifican e incluyen todos los subintervalos indicados en el presente documento salvo que el contexto o el lenguaje indique lo

contrario. Aparte de en los ejemplos operativos o cuando se indique lo contrario, todos los números o expresiones que se refieren a cantidades de ingredientes, condiciones de reacción y similares, utilizados en la memoria descriptiva y las reivindicaciones, deben entenderse como modificados en todos los casos por el término "aproximadamente".

- 5 "Opcional" u "opcionalmente" significa que el evento o circunstancia posteriormente descrito puede o no ocurrir, o que el material identificado posteriormente puede o no estar presente, y que la descripción incluye casos en los que ocurre el evento o circunstancia o en los que el material está presente, y en los casos en los que el evento o circunstancia no ocurre o el material no está presente.

- 10 Tal como se usa en el presente documento, los términos "comprende", "comprendiendo", "incluye", "incluyendo", "tiene", "teniendo" o cualquier otra variación de los mismos, pretenden abarcar una inclusión no exclusiva. Por ejemplo, un proceso, procedimiento, artículo o aparato que comprende una lista de elementos no se limita necesariamente a solo esos elementos, sino que puede incluir otros elementos que no se enumeran expresamente o inherentes a tal proceso, procedimiento, artículo o aparato.

- 15 Las formas singulares "uno", "una" y "el" o "la" incluyen referencia en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

- 20 Las torres de refrigeración se usan ampliamente en industrias para eliminar el calor en los procedimientos, tales como refinerías de petróleo, procedimientos químicos y plantas de generación de energía. Las torres de refrigeración también se usan en los sistemas HVAC comunes en edificios comerciales, institucionales y hospitales. El consumo de agua en el funcionamiento de torres de refrigeración constituye la mayor extracción de agua de fuentes de agua naturales en muchos países. La escasez de agua ha llegado a ser una preocupación cada vez mayor en todo el mundo. Según los datos publicados por el Global Environment Outlook, el 5 % de la población se enfrentó a problemas de escasez de agua en 2000, principalmente en zonas de Oriente Medio. Sin embargo, para el año 2030, cerca de la mitad de la población mundial estará en estrés hídrico.

- 25 Además de las fuentes de agua limitadas, la regulación ambiental se restringe cada vez más a la eliminación de aguas residuales industriales. El coste del tratamiento de aguas residuales antes de su devolución al ambiente está en constante aumento en los últimos años.

- 30 La escasez de agua en todo el mundo y las estrictas regulaciones medioambientales han llevado a aumentar el esfuerzo de conservación del agua en todas las industrias. De manera inevitable, tiene un efecto significativo en el uso de agua industrial, especialmente en industrias con enormes consumos de agua. Los esfuerzos de conservación del sistema de agua de refrigeración se han centrado en sustituir el agua dulce con el efluente municipal tratado, la reutilización de aguas residuales de la planta, y la reducción de la descarga de agua mediante el funcionamiento a ciclos de concentración más elevados, tal como más de aproximadamente 7 ciclos.

- 35 Con el aumento de los ciclos de concentración, la tendencia a la deposición aumentó debido a la alta concentración de Ca, alcalinidad, SiO₂, limo, Fe, Al, etc. En cualquier caso, la tendencia a la corrosión aumento con el aumento de los ciclos debido a la elevada conductividad y a la alta concentración de Cl⁻ y SO₄²⁻.

- 40 La estrategia común para tratar el funcionamiento de las torres de refrigeración a altos ciclos es añadir ácido para reducir la alcalinidad, haciendo funcionar las torres de refrigeración a menor pH, por lo tanto, reduciendo la tendencia de deposición o precipitación en sistemas de refrigeración. Esto normalmente requiere la adición de una alta dosis de compuestos químicos tales como polímeros aniónicos e inhibidores de corrosión a las torres de refrigeración. Sin embargo, la manipulación y el almacenamiento de ácidos fuertes suponen un peligro para los trabajadores y para el medio ambiente, especialmente en edificios comerciales e institucionales. El aumento en el uso de compuestos químicos también da como resultado un aumento en el coste global del tratamiento.

- 45 Con referencia a la Fig. 1, una primera realización del dispositivo de electrolisis 2 para la producción de una solución ácida y de una solución alcalina incluye un par de electrodos que actúan respectivamente como un electrodo positivo 21 y un electrodo negativo 22, al menos una celda unidad 23 entre los electrodos positivo 21 y negativo 22, y un recipiente 24 para alojar los electrodos 21, 22 y la celda unidad 23 en su interior. Los electrodos positivo 21 y negativo 22 conectan con un ánodo y un cátodo, respectivamente, de un suministro energético de CC 25. El recipiente 24 incluye al menos una primera entrada 243, una segunda entrada 244, una tercera entrada, 245, y una cuarta entrada 246 para inducir que el flujo de alimentación fluya a través del dispositivo de electrolisis 2. La celda unidad 23 incluye al menos una cámara alcalina 236 y al menos una cámara ácida 235 definida entre las membranas de intercambio iónico, que se tratará en detalle a continuación.

- 55 La celda unidad 23 del recipiente 24 del dispositivo de electrolisis 2 de acuerdo con la primera realización, mostrada en la FIG. 1, comprende un elemento de membrana bipolar 230, una membrana de intercambio de cationes 231, y una membrana de intercambio de aniones 232. El elemento de membrana bipolar 230 tiene una cara de intercambio de cationes 233 y una cara de intercambio de aniones 234, y se usa como un disociador de agua. La cara de intercambio de cationes 233 del elemento de membrana bipolar 230 está más cerca del electrodo positivo 21 que la membrana de intercambio de aniones 232. La membrana de intercambio de cationes 231 se dispone entre la cara de intercambio de aniones 234 y el electrodo positivo 21. La membrana de intercambio de aniones 232 se dispone entre

la cara de intercambio de cationes 233 y el electrodo negativo 22.

5 Una corriente continua del suministro energético 25 fluye a través del elemento de membrana bipolar 230 provocando que el agua se disocie, produciendo iones OH^- sobre la cara de intercambio de aniones 234 y produciendo un número correspondiente de iones H^+ sobre la cara de intercambio de cationes 233 del elemento de membrana bipolar 230. Se evita que los iones OH^- y H^+ generados se muevan adicionalmente mediante la membrana de intercambio de cationes 231 y la membrana de intercambio de aniones 232, respectivamente.

10 La membrana de intercambio de cationes 231 es selectiva y solo pasa iones de cationes univalentes. La membrana de intercambio de aniones 232 es selectiva y solo pasa iones de aniones univalentes. En consecuencia, los iones Na^+ del agua salada recibida por la segunda entrada 244 se mueven a través de la membrana de intercambio de cationes 231 hacia el electrodo negativo 22, mientras que Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} y Al^{3+} no se mueven a través de la membrana de intercambio de cationes 231. Además, los iones Cl^- del agua salada recibida por la primera entrada 243 se mueven a través de la membrana de intercambio de aniones 232 hacia el electrodo positivo 21, mientras que CO_3^{2-} , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} no se mueven a través de la membrana de intercambio de aniones 232.

15 Por lo tanto, se define una cámara alcalina 236 entre el elemento de membrana bipolar 230 y la membrana de intercambio de cationes 231, y se define una cámara ácida 235 entre el elemento de membrana bipolar 230 y la membrana de intercambio de aniones 232.

Se define una primera cámara de agua salada 237 entre el electrodo negativo 22 y la membrana de intercambio de aniones 232. Se define una segunda cámara de agua salada 238 entre el electrodo negativo 21 y la membrana de intercambio de cationes 231.

20 Una primera entrada 243 proporciona un flujo de alimentación a la primera cámara de agua salada 237, una segunda entrada 244 proporciona un flujo de alimentación a la segunda cámara de agua salada 238, una tercera entrada 245 proporciona un flujo de alimentación a la cámara ácida 235, y una cuarta entrada 244 proporciona un flujo de alimentación a la cámara alcalina 236. Los flujos de alimentación proporcionados a la primera cámara de agua salada 237 y a la segunda cámara de agua salada 238 pueden estar comprendidos de al menos uno de agua de reposición de la torre de refrigeración, agua de purga de la torre de refrigeración o agua de baja calidad

25 El recipiente 24 incluye adicionalmente una salida ácida 241 y una salida alcalina 242 para que salga la solución alcalina de la cámara alcalina 236 y la solución ácida de la cámara ácida 235, respectivamente. El recipiente 24 también incluye una primera salida de agua salada 247 y una segunda salida de agua salada 248 para que salga agua salada de la primera cámara de agua salada 237 y de la segunda cámara de agua salada 238.

30 El flujo de alimentación que entra en la cámara ácida 235 a través de la entrada 245 puede ser uno o ambos de agua pura o la solución ácida que sale de la salida ácida 241 del recipiente 24. El flujo de alimentación que entra en la cámara alcalina 236 a través de la entrada 246 puede ser uno o ambos de agua pura o la solución alcalina que sale de la salida alcalina 242 del recipiente 24.

35 La solución alcalina producida en la salida alcalina 242 se puede usar para crear un ambiente de elevado pH para que precipite la dureza y otras especies en sistemas acuosos, tales como CaCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$, CaSO_4 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, MgSiO_3 etc. La solución ácida producida en la cámara ácida 235 se puede usar para ajustar el pH del agua de la torre de refrigeración y eliminar la dureza de las membranas o electrodos en el recipiente 24.

40 El elemento de membrana bipolar 230 tiene una característica disociadora del agua para disociar agua directamente en H^+ y OH^- .

45 La aplicación del elemento de membrana bipolar 230 principalmente mejora la eficacia del dispositivo de electrolisis 2 para la producción de solución alcalina y solución ácida a partir del agua. El elemento de membrana bipolar 230 puede ser una membrana bipolar que incluye una capa de intercambio de cationes y una capa de intercambio de aniones, o un módulo bipolar formado mediante una combinación de membranas de intercambio de aniones y de cationes que funciona como una membrana bipolar.

50 En una realización, los electrodos positivo 21 y negativo 22 están hechos de materiales de carbono altamente poroso seleccionados de carbono activado, negro de carbono, nanotubos de carbono, grafito, fibra de carbono, filtro de carbono, aerogel de carbono o combinación de los mismos. El área superficial del material de carbono está en un intervalo de aproximadamente 500 a 2000 metros cuadrados por gramo tal como se mide mediante el procedimiento BET de adsorción de nitrógeno, los electrodos positivo 21 y negativo 22 altamente porosos tienen cada uno una forma, un tamaño o una configuración que es una placa, un bloque, un cilindro o una lámina. También se anticipa que el electrodo positivo 21 y el negativo 22 pueden estar hechos de cualquier metal o material poroso considerado adecuado por un experto en la materia, tal como carbono activado.

55 La Fig. 2 desvela una realización en la que el dispositivo de electrolisis 2 se usa para generar una solución ácida para el ajuste de pH del agua de la torre de refrigeración o la limpieza del dispositivo de electrolisis 2 y para generar una base para la precipitación de la dureza. En esta configuración, la salida del tanque de agua salada 301 se

proporciona como un flujo de alimentación para dicha primera cámara de agua salada 237 y segunda cámara de agua salada 238 del recipiente 24. El tanque de agua salada 301 puede contener uno o más de agua de reposición de la torre de refrigeración, agua de purga de la torre de refrigeración o agua de baja calidad. El agua de baja calidad es cualquier agua que necesita ser tratada para ablandarla y/o eliminar especies iónicas indeseables, tales como aguas salobres. El agua se proporciona como un flujo de alimentación para la cámara ácida 235 y la cámara alcalina 236. La salida de la cámara ácida 235 se proporciona a las torres de refrigeración. La salida de la cámara alcalina 236 se proporciona al tanque de precipitación 304, y la salida de la primera y segunda cámara de agua salada, 237 y 238 también se proporciona al tanque de precipitación 304. En consecuencia, la adición de la solución alcalina de la cámara alcalina 236 en el tanque de precipitación 304 aumenta el pH en el tanque de precipitación 304 hasta un valor deseado para precipitar sales metálicas e hidróxidos metálicos, tales como CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 , Mg(OH)_2 , etc. Después de que se elimine el precipitado del tanque de precipitación 304, el agua tratada del tanque de precipitación 304 se proporciona a un tanque de almacenamiento de agua o a torres de refrigeración. En una realización, el valor de pH deseado en el tanque de precipitación 304 tras la adición de solución alcalina del dispositivo de electrolisis 2 está entre aproximadamente 7 a 14, preferentemente entre aproximadamente 8 y 13 y más preferentemente entre aproximadamente 9 a 12.

Además, tal como se muestra en la Fig. 3, también se contempla que en algunas realizaciones toda o parte de la solución ácida producida en la cámara ácida 235 se pueda devolver a la cámara ácida 235 como un flujo de alimentación. Además, toda o parte de la solución alcalina producida en la cámara alcalina 236 se puede devolver a la cámara alcalina 236 como un flujo de alimentación. Esto permitiría que la concentración de las soluciones ácida y básica aumentase con el tiempo dentro de la cámara ácida 235 y de la cámara alcalina 236. Además, esto permitiría que el pH dentro del tanque de precipitación 304 aumentase para potenciar la precipitación.

La Fig. 4 desvela otra realización en la que el dispositivo de electrolisis 2 se usa para generar una solución ácida para el ajuste de pH del agua de la torre de refrigeración o para limpiar el dispositivo de electrolisis y para generar una solución de base para la precipitación de la dureza. En esta realización, el agua de purga de la torre de refrigeración se suministra a la membrana selectiva 501, que genera una corriente de iones divalentes que se proporciona al tanque de precipitación 502. La membrana selectiva 501 puede ser una unidad de nanofiltración. El flujo de iones divalentes contiene uno o más iones divalentes, tales como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} , etc. La membrana selectiva 501 genera un flujo de iones univalentes que se proporciona a la primera y a la segunda cámara de agua salada, 237 y 238, del recipiente 24. El flujo de iones univalentes contiene uno o más iones univalentes, tales como Na^+ , Cl^- , etc. Además, se proporciona un flujo de alimentación de agua a la cámara ácida 235 y a la cámara alcalina 236 del recipiente 24.

El flujo de solución alcalina de la cámara alcalina 236 se proporciona al tanque de precipitación 502, que aumenta el pH en el tanque de precipitación 502 hasta un valor deseado para precipitar sales metálicas e hidróxidos de metales, tales como CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 , Mg(OH)_2 , etc. En una realización, el valor de pH deseado en el tanque de precipitación 304 tras la adición de solución alcalina del recipiente 24 está entre aproximadamente 7 a 14, preferentemente entre aproximadamente 8 y 13 y más preferentemente entre aproximadamente 9 a 12.

Después se retiran los precipitados del tanque de precipitación 502 y el agua tratada restante contenida en el tanque de precipitación 502 se usa como agua de reposición de la torre de refrigeración o para otros procedimientos industriales. El flujo de la primera cámara de agua salada, 237 y 238, se combina con el agua tratada restante del tanque de precipitación 302 como agua de reposición de la torre de refrigeración o para otros procedimientos industriales. El flujo de solución ácida de la cámara ácida 235 se puede usar para ajustar el pH del agua de la torre de refrigeración y/o para ajustar el pH del flujo de agua tratada que sale del tanque de precipitación 502 y para limpiar membranas del recipiente 24. El retorno del agua restante del tanque de precipitación 502 a la torre de refrigeración reduce el consumo de agua y reduce o elimina el agua residual descargada a un alcantarillado o río. Además, el uso de agua de alta calidad en la torre de refrigeración reduce la cantidad de compuestos químicos requeridos para tratar el agua en la torre de refrigeración, reduciendo, por lo tanto, los costes de eliminación y el impacto sobre el medio ambiente.

Además, tal como se muestra en la Fig. 5, también se contempla que en algunas realizaciones toda o parte del flujo de la solución ácida de la cámara ácida 235 se pueda devolver a la cámara ácida 235 como un flujo de alimentación. Además, toda o parte del flujo de la solución alcalina de la cámara alcalina 236 se puede devolver a la cámara alcalina 236 como un flujo de alimentación. Esto permitiría que la concentración de las soluciones ácida y básica aumentase con el tiempo dentro de la cámara ácida 235 y de la cámara alcalina 236. Además, el flujo de las cámaras de sal, 237 y 238, se combina con el agua tratada restante del tanque de precipitación después de la retirada del precipitado como agua de reposición de la torre de refrigeración o para otros procedimientos industriales.

La Fig. 6 desvela otra realización en la que el dispositivo de electrolisis 2 se usa para generar una solución ácida para el ajuste de pH del agua de la torre de refrigeración, para limpiar el dispositivo de electrolisis 2 y/o para generar una solución de base para la precipitación de la dureza. En esta realización, un flujo de alimentación de agua de baja calidad, tal como aguas salobres, se suministra a la membrana selectiva 601, que genera una corriente de iones divalentes que se proporciona al tanque de precipitación 602. Sin embargo, se contempla que el flujo de alimentación pueda estar comprendido de al menos uno de agua de reposición de la torre de refrigeración, agua de purga de la torre de refrigeración o agua de baja calidad. El flujo de iones divalentes contiene uno o más iones

divalentes, tal como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , etc. La membrana selectiva 601 genera un flujo de iones univalentes que se proporciona a la primera y a la segunda cámara de agua salada, 237 y 238, del dispositivo de electrolisis 2. La membrana selectiva 601 puede ser una unidad de nanofiltración. El flujo de iones univalentes contiene uno o más iones univalentes, tales como Na^+ , Cl^- , etc. Además, se proporciona un flujo de alimentación de agua a la cámara ácida 235 y a la cámara alcalina 236 del recipiente 24.

El flujo de la cámara alcalina 236 se proporciona al tanque de precipitación 602, que aumenta el pH en el tanque de precipitación 602 hasta un valor deseado para precipitar sales de Ca y Mg e hidróxidos metálicos. En una realización, el valor de pH deseado en el tanque de precipitación 602 tras la adición de solución alcalina del recipiente 24 está entre aproximadamente 7 a 14, preferentemente entre aproximadamente 8 y 13 y más preferentemente entre aproximadamente 9 a 12. Después se retiran los precipitados del tanque de precipitación 602 y el agua tratada restante contenida en el tanque de precipitación 602 se usa como agua de reposición de la torre de refrigeración o para otros procedimientos industriales. El flujo de la primera y de la segunda cámara de agua salada, 237 y 238, se combina con el agua tratada restante del tanque de precipitación y se usa como agua de reposición de la torre de refrigeración o para otros procedimientos industriales. El flujo de solución ácida de la cámara ácida 235 se puede usar para ajustar el pH del agua de la torre de refrigeración, para ajustar el pH del flujo de agua tratada que sale del tanque de precipitación 602, y/o para limpiar las membranas del recipiente 24.

Además, tal como se muestra en la Fig. 7, también se contempla que en algunas realizaciones todo o parte del flujo de la cámara ácida 235 se pueda devolver a la cámara ácida 235 como un flujo de alimentación. Además, todo o parte del flujo de la cámara alcalina 236 se puede devolver a la cámara alcalina 236 como un flujo de alimentación. Esto permitiría que la concentración de la solución ácida y de la solución básica aumentase con el tiempo dentro de la cámara ácida 235 y de la cámara alcalina 236. El flujo de la primera y de la segunda cámara de agua salada, 237 y 238, se combina con el agua tratada restante del tanque de precipitación y se usa como agua de reposición de la torre de refrigeración o para otros procedimientos industriales.

En cuanto a la Fig. 8, en una realización de la presente invención, una primera parte de agua de purga de una torre de refrigeración que funciona a un elevado ciclo de concentración, se proporcionan más de aproximadamente 7 ciclos y agua pura a una unidad de electrolisis. La unidad de electrolisis usa la primera parte de agua de purga y de agua pura para generar una solución ácida en la cámara ácida 235, una solución de agua alcalina en la cámara alcalina 236 y una solución de agua salada en la primera y segunda cámara, 237 y 238. La solución ácida se proporciona a la torre de refrigeración para reducir la alcalinidad y el pH del agua que circula a través de la torre de refrigeración. La solución alcalina se mezcla con una segunda parte de agua de purga en el tanque de precipitación 702 para precipitar y retirar el calcio y otras especies formadoras de incrustaciones de la segunda parte del agua de purga, ablandando de este modo la segunda parte del agua de purga. La segunda parte del agua de purga ablandada regresa entonces a la torre de refrigeración como agua de reposición.

En una realización, el agua de purga se filtra mediante una unidad de nanofiltración 701 después de salir de la torre de refrigeración. Después de la nanofiltración, la primera parte del agua de purga está comprendida de uno o más iones univalentes y la segunda parte del agua de purga está comprendida de uno o más iones divalentes. En algunas realizaciones, la solución de agua salada se añade a la segunda parte de agua de purga ablandada y regresa a la torre de refrigeración como agua de reposición.

Aunque la presente invención se ha descrito en conjunto con las realizaciones específicas descritas anteriormente, es evidente que muchas alternativas, combinaciones, modificaciones y variaciones son evidentes para los expertos en la materia. En consecuencia, las realizaciones preferidas de la presente invención, tal como se exponen anteriormente pretenden ser solo ilustrativas y no en sentido limitante. Se pueden hacer diversos cambios sin salir del espíritu y del ámbito de la presente invención. Por lo tanto, el ámbito técnico de la presente invención abarca no solo aquellas realizaciones descritas anteriormente, sino también todas las que se encuentran dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

La presente descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir a cualquier experto en la materia poner en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El ámbito patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurra a los expertos en la técnica. Dichos otros ejemplos pretenden estar dentro del ámbito de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales de los lenguajes literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de tratamiento de agua que comprende:
proporcionar un dispositivo de electrolisis (2) que comprende:

- 5 un recipiente de electrolisis;
un par de electrodos dispuestos en el recipiente de electrolisis, funcionando el par de electrodos como un electrodo positivo (21) y un electrodo negativo (22), respectivamente; y
una celda unidad dispuesta entre el electrodo positivo y el negativo, comprendiendo la celda unidad un elemento de membrana bipolar (230) y al menos una membrana de intercambio de cationes, (231) teniendo el elemento de membrana bipolar una cara de intercambio de cationes (233) y una cara de intercambio de aniones, (234)
- 10 estando la cara de intercambio de cationes más cerca al electrodo negativo que la cara de intercambio de aniones, estando dispuesta dicha al menos una membrana de intercambio de cationes entre la cara de intercambio de aniones del elemento de membrana bipolar y el electrodo positivo, para definir una cámara alcalina (236) entre el elemento de membrana bipolar y la membrana de intercambio de cationes, dicha membrana de intercambio de cationes es selectiva;
- 15 una membrana de intercambio de aniones (232) entre el electrodo negativo y la cara de intercambio de cationes del elemento de membrana bipolar, estando definida una cámara ácida (235) entre la membrana de intercambio de aniones y el elemento de membrana bipolar, dicha membrana de intercambio de aniones es selectiva;
una primera cámara de agua salada (237) definida entre dicho electrodo negativo y la membrana de intercambio de aniones, una segunda cámara de agua salada (238) definida entre dicho electrodo positivo y dicha membrana de intercambio de cationes; y una primera entrada (243) que proporciona un flujo de alimentación a dicha primera cámara de agua salada, una segunda entrada (244) que proporciona un flujo de alimentación a dicha segunda cámara de agua salada, una tercera entrada (245) que proporciona un flujo de alimentación a dicha cámara ácida, y una cuarta entrada (246) que proporciona un flujo de alimentación a dicha cámara alcalina;
- 20 proporcionando flujos de alimentación a dichas primera cámara de agua salada, segunda cámara de agua salada, cámara ácida y cámara alcalina, produciendo dicha cámara ácida una solución ácida y dicha cámara alcalina una solución alcalina;
dirigir al menos una parte de los contenidos de dicha primera y segunda cámaras de agua salada a un tanque de precipitación (304); dirigir al menos una parte de la solución alcalina a dicho tanque de precipitación, aumentando por lo tanto el pH en dicho tanque de precipitación para producir precipitado; y
- 25 retirar dicho precipitado de dicho tanque de precipitación.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el pH en dicho tanque de precipitación aumenta a aproximadamente 7-14.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el flujo de alimentación proporcionado a dichas cámaras ácida y alcalina es H₂O y el flujo de alimentación proporcionado a dicha primera cámara de agua salada y dicha segunda cámara de agua salada está comprendido de al menos uno de agua de reposición de la torre de refrigeración, agua de purga de la torre de refrigeración o agua de baja calidad.
- 35 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el agua tratada en dicho tanque de precipitación regresa a dicha torre de refrigeración después de que se retire dicho precipitado de dicho tanque de precipitación.
5. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el agua tratada en dicho tanque de precipitación se proporciona a un tanque de almacenamiento de agua después de que dicho precipitado se retire de dicho tanque de precipitación.
- 40 6. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la solución ácida se proporciona a dicha torre de refrigeración para el ajuste de pH o se usa para ajustar el pH del agua tratada que sale del tanque de precipitación después de que se retire el precipitado.
- 45 7. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la solución ácida se usa para limpiar las membranas de dicho recipiente.
8. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que al menos una parte de dicha solución ácida regresa a dicha cámara ácida como un flujo de alimentación.
9. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que al menos una parte de dicha solución alcalina regresa a dicha cámara alcalina como un flujo de alimentación.
- 50 10. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente proporcionar una membrana selectiva, dicha membrana selectiva recibe un flujo de alimentación comprendido de al menos uno de agua de reposición de la torre de refrigeración, agua de purga de la torre de refrigeración o agua de baja calidad;
dicha membrana selectiva genera un flujo divalente y un flujo univalente;
- 55 en el que, dicho flujo divalente se proporciona a dicho tanque de precipitación; dicho flujo univalente se proporciona a dicha primera cámara de agua salada y dicha segunda cámara de agua salada; y a dichas cámaras ácida y alcalina se les proporciona un flujo de alimentación de H₂O.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el agua tratada en dicho tanque de precipitación regresa a dicha torre de refrigeración después de que se retire dicho precipitado de dicho tanque de precipitación.

5 12. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el agua tratada en dicho tanque de precipitación se proporciona a un tanque de almacenamiento de agua después de que dicho precipitado se retire de dicho tanque de precipitación.

13. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la solución ácida se proporciona a dicha torre de refrigeración para el ajuste de pH o se usa para ajustar el pH del agua tratada que sale del tanque de precipitación después de que se retire el precipitado.

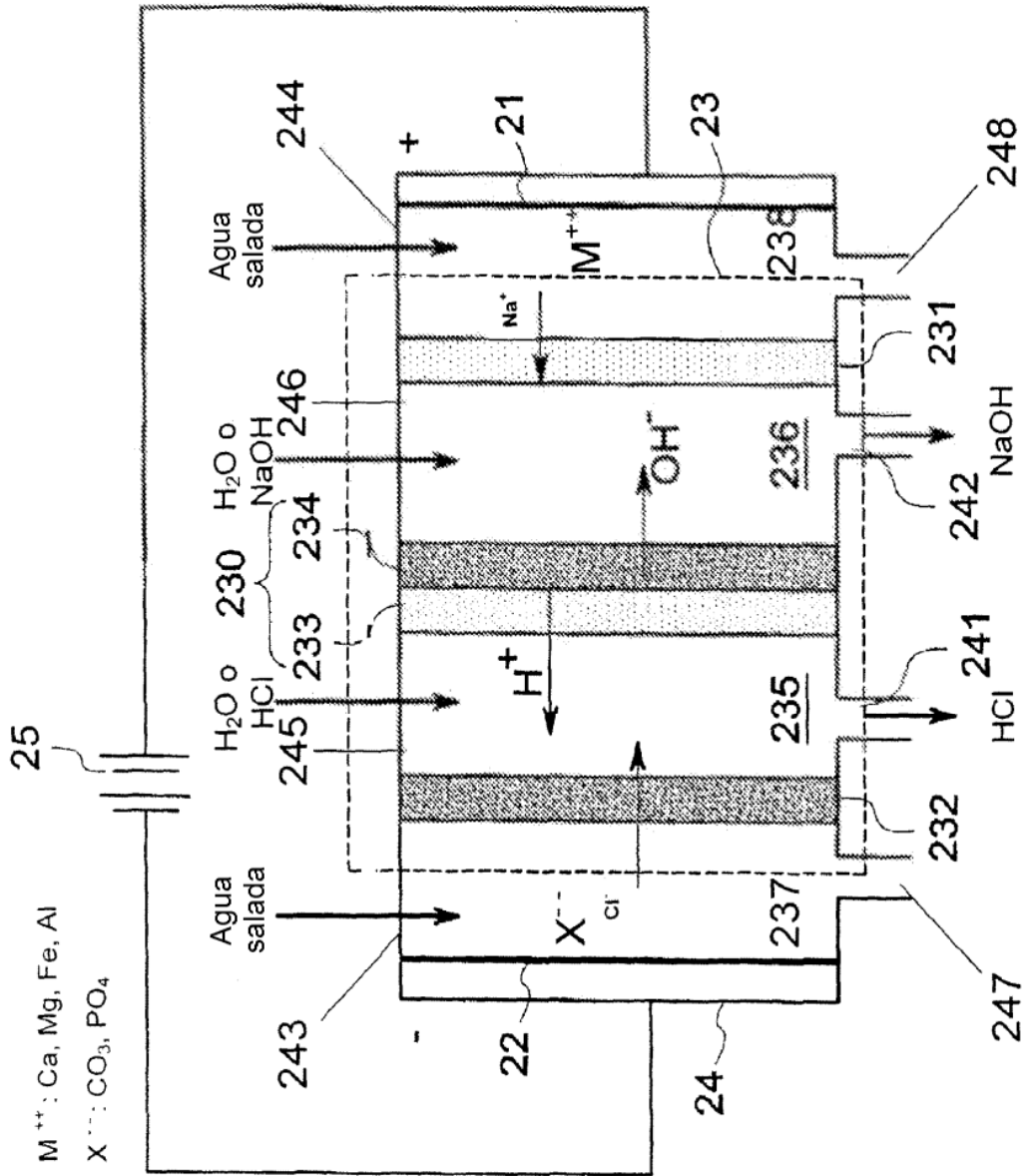


Fig. 1

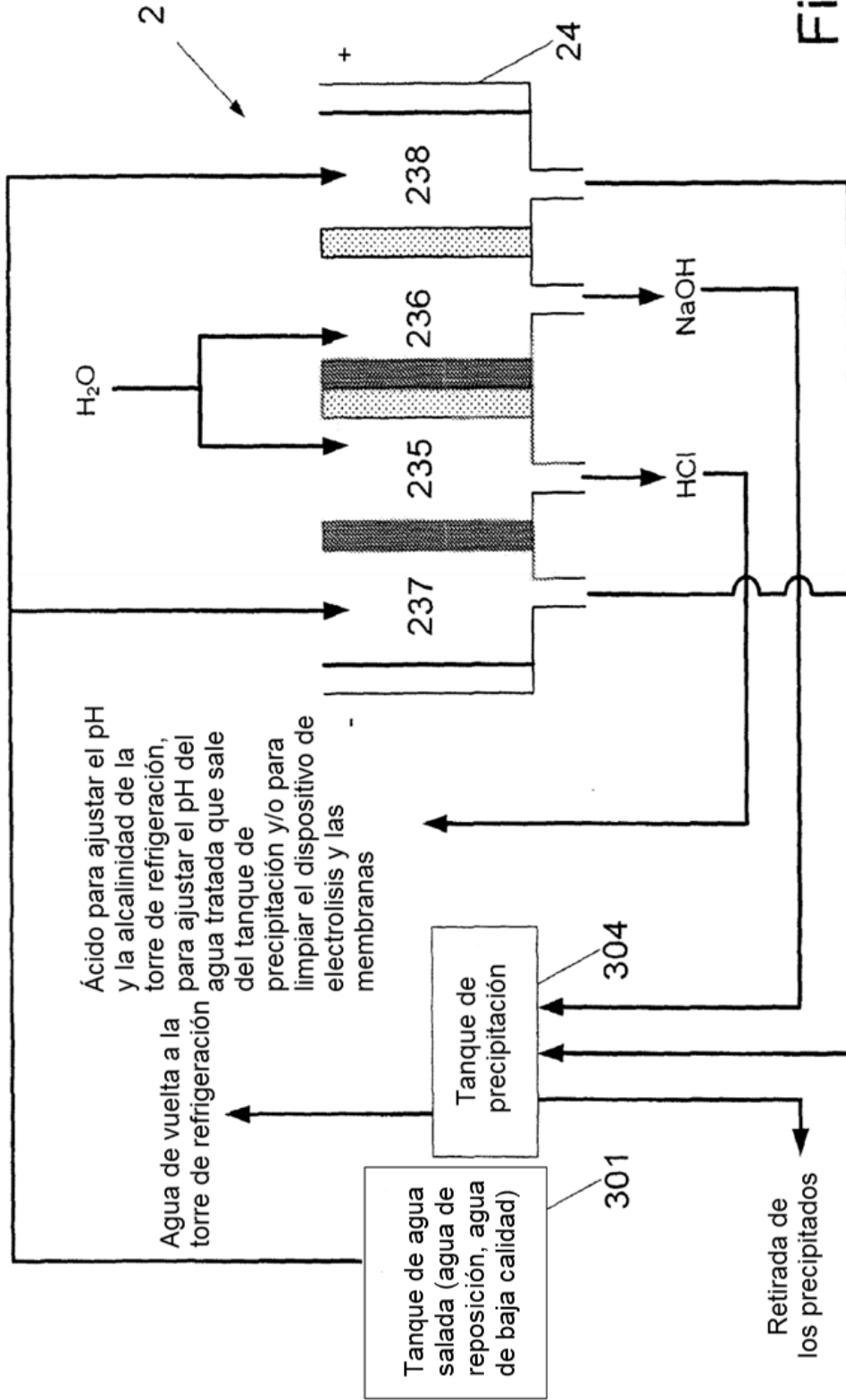


Fig. 2

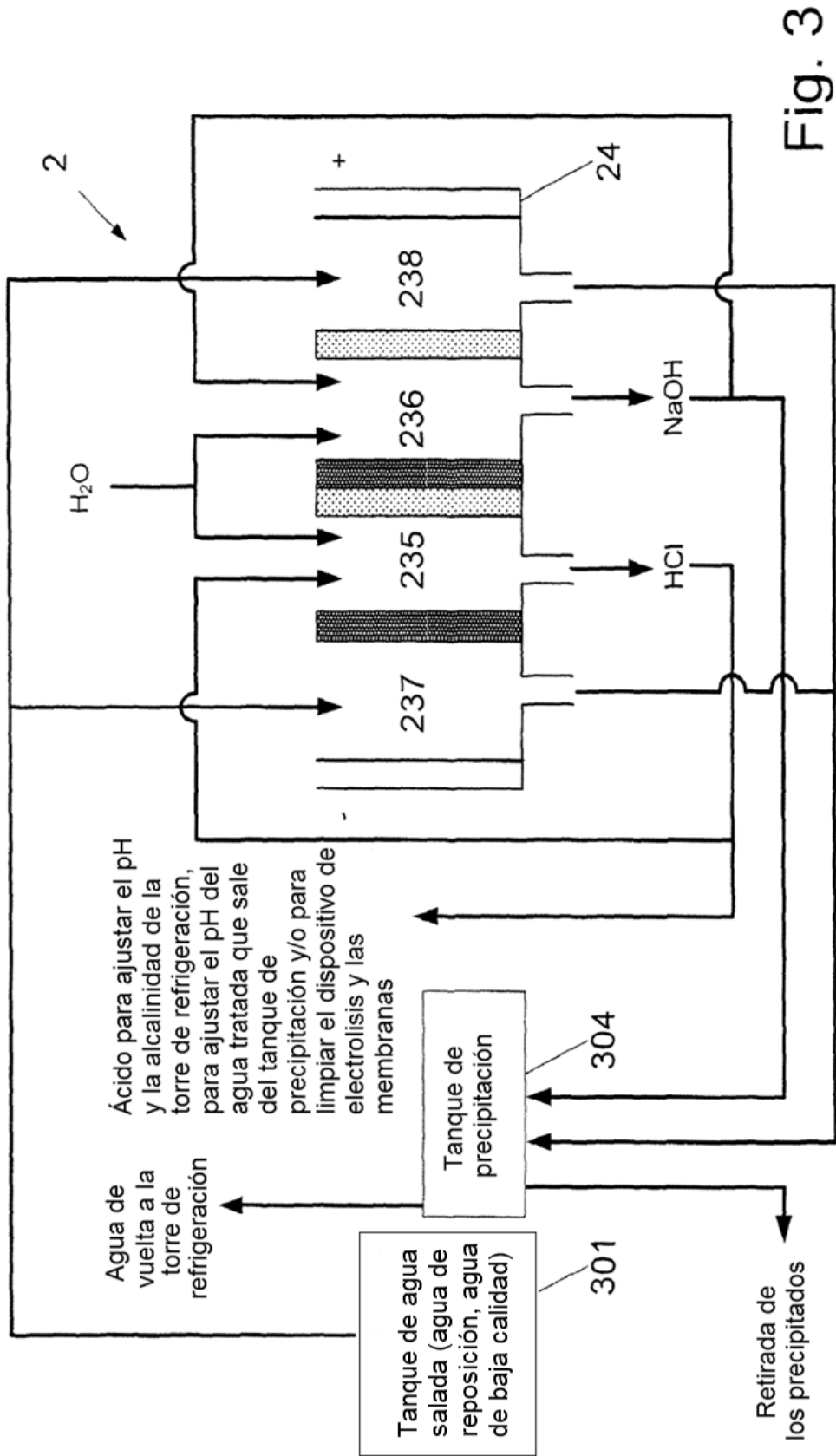
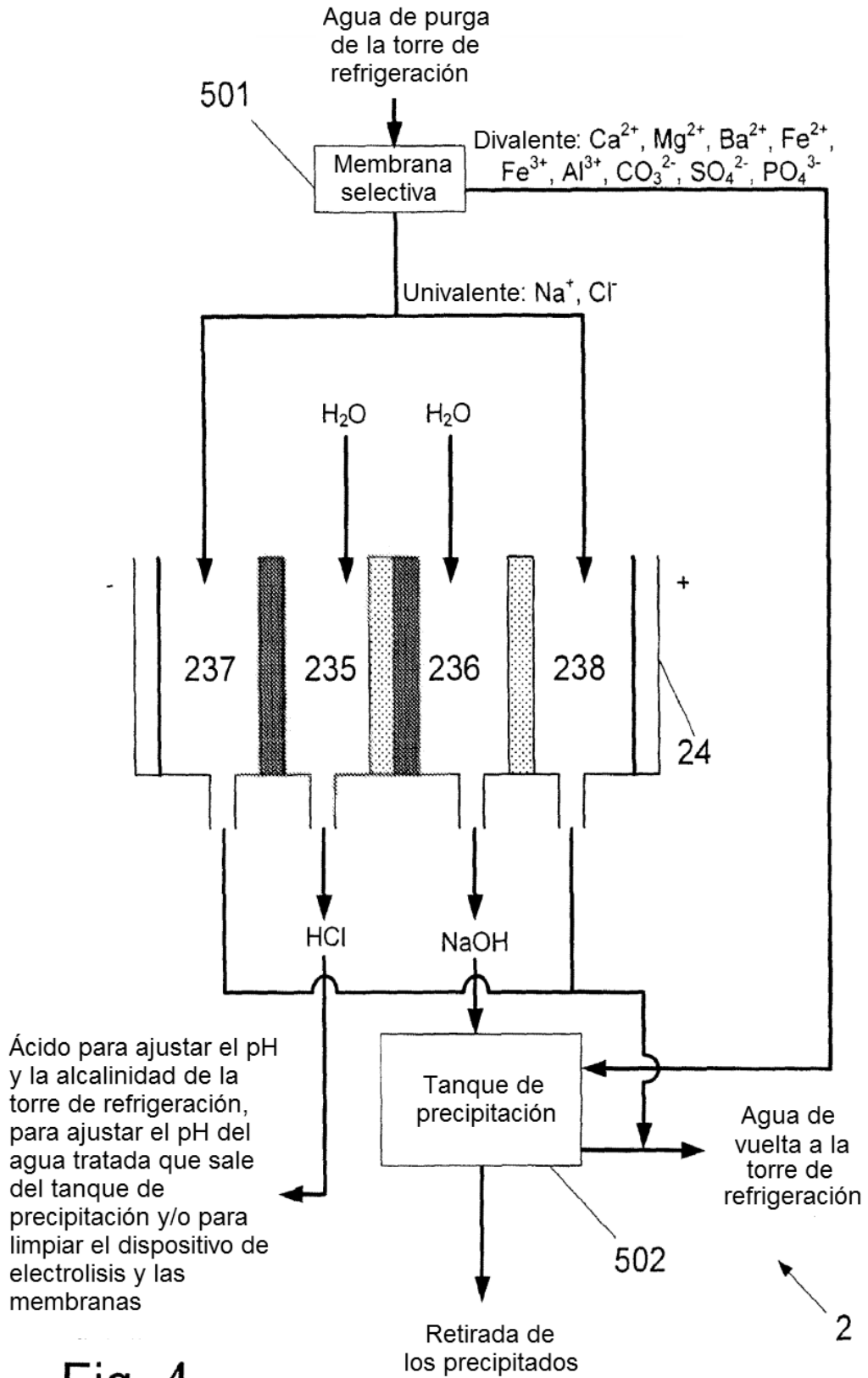


Fig. 3



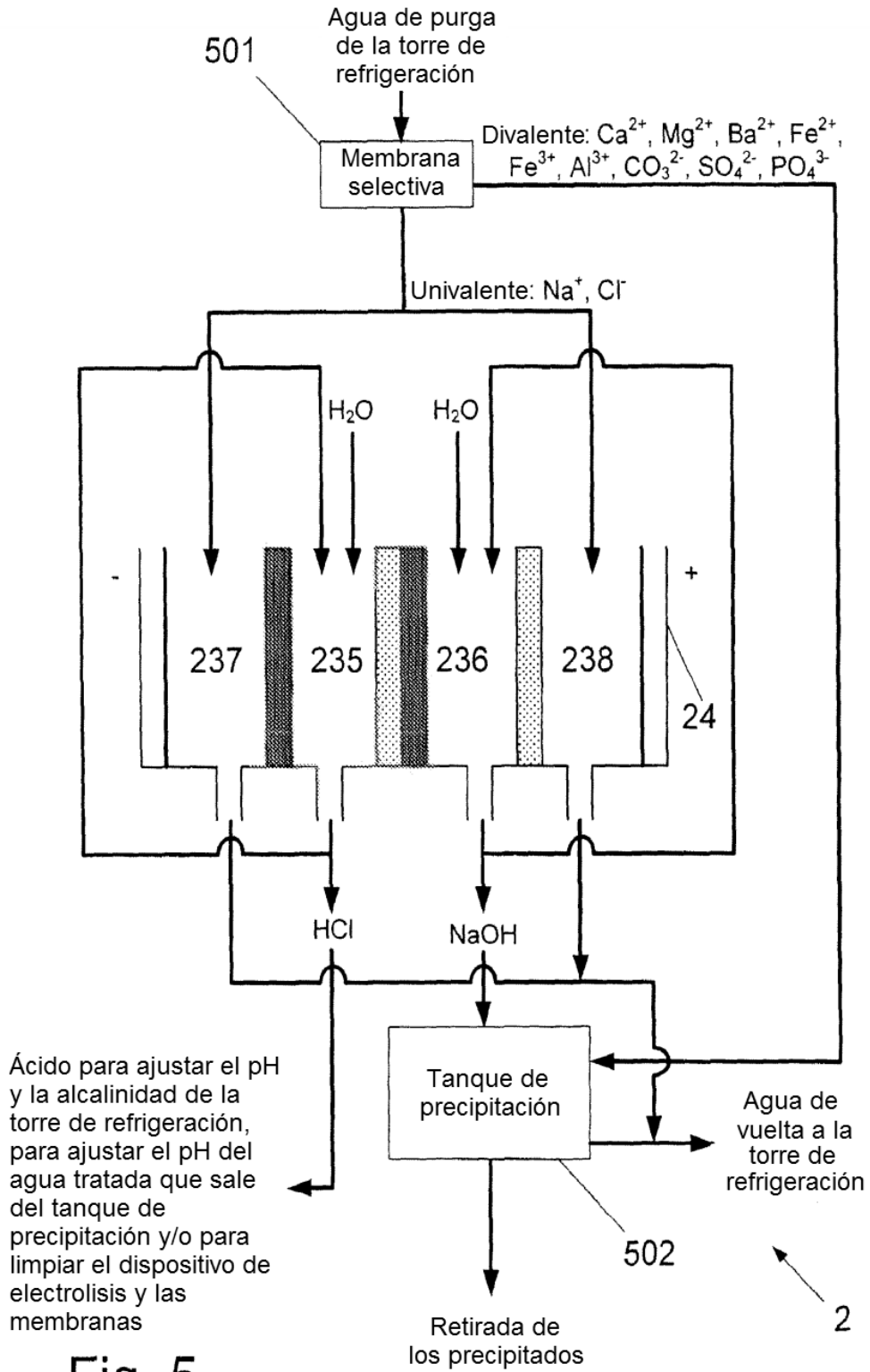


Fig. 5

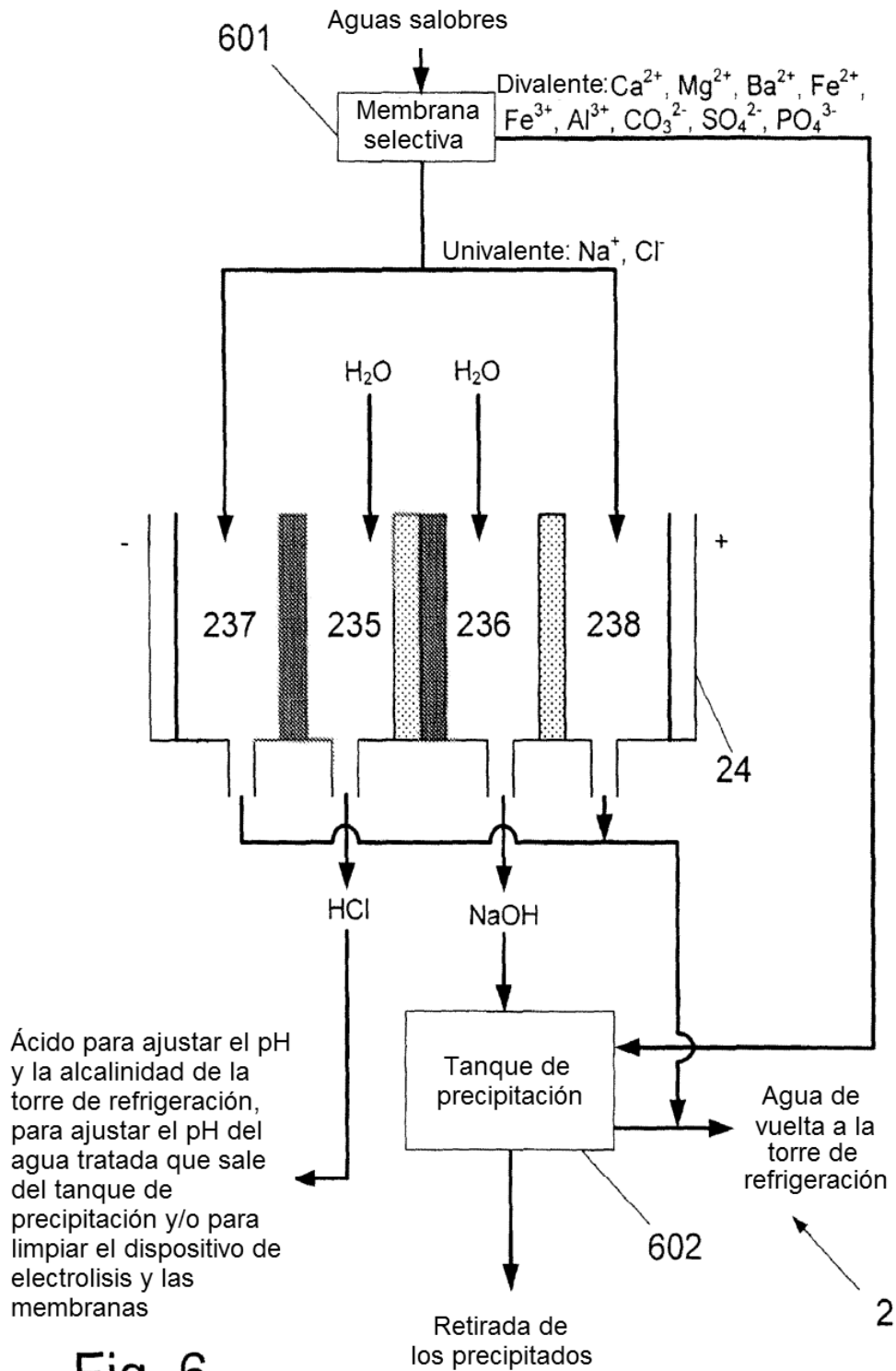


Fig. 6

