

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 474**

51 Int. Cl.:

C02F 1/469 (2006.01)

B01D 61/48 (2006.01)

B01J 47/08 (2006.01)

B01D 61/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2004 PCT/US2004/038106**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.06.2005 WO05049508**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2004 E 04819129 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 1685070**

54 Título: **Sistema y método de tratamiento de agua**

30 Prioridad:

13.11.2003 US 712674
13.11.2003 US 712162

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.12.2018

73 Titular/es:

EVOQUA WATER TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
210 Sixth Avenue, Suite 3300
Pittsburgh, PA 15222, US

72 Inventor/es:

WILKINS, FREDERICK;
FREYDINA, EVGENIYA;
SEZGI, AYTAC;
MADHUSUDAN, RESHMA y
JHA, ANIL, D.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 694 474 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 de tratamiento de agua

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 La invención se dirige a un método y aparato para purificar o tratar agua y, más específicamente, para reducir o eliminar el total de sólidos disueltos en agua.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 El agua que contiene especies de dureza, tales como calcio y magnesio, puede ser indeseable para algunos usos en aplicaciones industriales, comerciales y domésticas. Las pautas típicas para una clasificación de la dureza del agua son: de cero a 60 miligramos por litro (mg/l) ya que el carbonato de calcio se clasifica como blanda; de 61 a 120 mg/l como moderadamente dura; de 121 a 180 mg/l como dura; y más de 180 mg/l como muy dura.

15 El agua dura se puede ablandar o purificar eliminando o reduciendo las especies de iones de dureza. Los ejemplos de sistemas que eliminan dichas especies incluyen aquellos que usan lechos de intercambio iónico. En tales sistemas, los iones de dureza se unen iónicamente a especies iónicas cargadas de manera opuesta que se mezclan en la superficie de la resina de intercambio iónico. La resina de intercambio iónico se satura finalmente con especies de iones de dureza iónicamente ligados y debe regenerarse. La regeneración típicamente implica reemplazar la especie de dureza ligada con especies iónicas más solubles, tal como el cloruro de sodio. Las especies de dureza ligadas a la resina de intercambio iónico se sustituyen por los iones de sodio y las resinas de intercambio iónico vuelven a estar listas para una posterior etapa de ablandamiento del agua.

20 Tales sistemas han sido revelados. Por ejemplo, Dosch, en la patente norteamericana número 3.148.687, enseña una máquina lavadora que incluye una disposición de ablandamiento de agua que usa resinas de intercambio iónico. De manera similar, Gadini y otros, en la publicación de solicitud internacional número WO00/64325, revelan un electrodoméstico que usa agua con un dispositivo mejorado para reducir la dureza del agua. Gadini y otros enseñan un electrodoméstico que tiene un sistema de control, un sistema de suministro de agua desde una fuente externa y un sistema de ablandamiento con una celda electroquímica.

25 La electrodesionización (EDI) es un proceso que puede usarse para ablandar el agua. El EDI es un proceso que elimina especies ionizables en los líquidos utilizando medios eléctricamente activos y un potencial eléctrico para influir en el transporte de iones. Los medios eléctricamente activos pueden funcionar para recoger y descargar alternadamente especies ionizables o para facilitar el transporte de iones de forma continua mediante mecanismos de sustitución iónicos o electrónicos. Los dispositivos EDI pueden incluir medios que tienen carga permanente o temporal y que pueden operarse para provocar reacciones electroquímicas diseñadas para lograr o mejorar el rendimiento. Estos dispositivos también incluyen membranas eléctricamente activas, tales como el intercambio iónico semipermeable o membranas bipolares.

35 La electrodesionización continua (CEDI) es un proceso en el que el parámetro de dimensionamiento primario es el transporte a través de los medios, no la capacidad iónica de los medios. Un dispositivo CEDI típico incluye membranas semipermeables electroactivas alternas y de intercambio de aniones y cationes. Los espacios entre las membranas están configurados para crear compartimentos de flujo de líquido con entradas y salidas. Un campo eléctrico de CC transversal es impuesto por una fuente externa de alimentación usando electrodos en los límites de las membranas y los compartimentos. A menudo, se proporcionan compartimentos electrolíticos para que el producto de reacción de los electrodos se pueda separar de los otros compartimentos de flujo. Tras la imposición del campo eléctrico, los iones en el líquido son atraídos por sus respectivos contraelectrodos. Los compartimentos contiguos, limitados por la membrana electroactiva permeable al anión orientada al ánodo y la membrana catiónica electroactiva orientada al cátodo, típicamente se agotan iónicamente y los compartimentos, limitados por la membrana electroactiva permeable a los cationes orientada al ánodo y la membrana aniónica electroactiva orientada al cátodo, típicamente se concentran iónicamente. El volumen dentro de los compartimentos vaciados de iones y, en algunas realizaciones, dentro de los compartimentos de concentración de iones, también incluye medios eléctricamente activos. En dispositivos CEDI, los medios pueden incluir resinas de intercambio aniónico y catiónico íntimamente mezcladas. Los medios de intercambio iónico normalmente mejoran el transporte de iones dentro de los compartimentos y pueden participar como sustrato para reacciones electroquímicas controladas.

40 45 50 Los dispositivos de electrodesionización se han descrito, por ejemplo, en Giuffrida y otros en las patentes U.S. números 4.632.745 que tienen como contraparte europea el documento EP 0 170 895 A2, 4.925.541 y 5.211.823, por Ganzi en las patentes de Estados Unidos números 5.259.936 y 5.316.637, por Oren y otros en la patente de los Estados Unidos número 5.154.809 y por Kedem en la patente de los Estados Unidos número 5.240.579.

55 El documento EP 1 222 954 se refiere a un aparato de electrodesionización para eliminar la relación extremadamente alta de sílice y boro. El documento WO98/17590 A se refiere a un sistema de electrodiálisis y un

proceso para la desalinización. El documento JP 2003 266077 A se refiere a un aparato electrodesionización en el que una placa conductora impermeable al agua está dispuesta entre un cátodo y un ánodo.

Sumario de la invención

5 De acuerdo con la invención, un aparato para purificar agua comprende las características expuestas en la reivindicación 1 adjunta. Adicionalmente, un método para purificar agua comprende los pasos establecidos en el método independiente de la reivindicación 5 adjunta.

10 En un aspecto, la invención proporciona un aparato de purificación de agua que comprende un compartimento de cátodo, un compartimento de ánodo, al menos un compartimento de empobrecimiento de iones, estando situado el al menos un compartimento de empobrecimiento de iones entre el compartimento de cátodo y el compartimento de ánodo, en el que el compartimento de cátodo está conectado de manera fluida al compartimento de empobrecimiento de iones.

15 En otro aspecto, la invención proporciona un método de purificación de un fluido que comprende hacer pasar una parte de un primer fluido a través de un compartimento de empobrecimiento de iones de un dispositivo electroquímico para producir un segundo fluido y hacer pasar al menos una parte del segundo fluido a través de un compartimento de cátodo del dispositivo electroquímico.

Para ilustrar la invención, hay un método de purificación de agua revelado que comprende pasar una primera parte de una primera corriente de agua a través de un compartimento de cátodo de un aparato de purificación de agua para producir una segunda corriente de agua y pasar al menos una parte de la segunda corriente de agua a través de un compartimento de empobrecimiento de iones del aparato de purificación de agua.

20 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones no limitantes preferidas de la presente invención se describirán a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La figura 1 es una ilustración esquemática de un dispositivo o módulo electroquímico de acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención;

25 La figura 2 es un diagrama esquemático de un módulo de electrodesionización;

La figura 3 es una ilustración esquemática de un sistema;

La figura 4 es una gráfica que ilustra resultados de la calidad del agua a lo largo del tiempo de un sistema que usa un dispositivo electroquímico de acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención;

30 La figura 5 es una gráfica que ilustra resultados de la calidad del agua a lo largo del tiempo de otro sistema que usa un dispositivo electroquímico de acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención; y

La figura 6 es una gráfica que ilustra resultados de la calidad del agua a lo largo del tiempo de un sistema que usa un dispositivo electroquímico de acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

35 La invención proporciona un método y aparato para la purificación o el tratamiento de agua que puede usarse en o cerca de un punto de uso, por ejemplo, una residencia, para producir agua de calidad para el consumo y el uso domésticos. La invención puede proporcionar agua del grifo tratada, tal como agua ablandada, usando un aparato de bajo coste que puede tener las cualidades, entre otras, de exhibir una pequeña huella, bajo consumo de energía, bajo mantenimiento, sin adición de productos químicos y sin aumento neto de sólidos disueltos.

40 Aunque los ejemplos descritos en este documento usan electrodesionización, la electrodiálisis puede ser igualmente aplicable. Es decir, cuando se hace referencia a un dispositivo de electrodesionización, los sistemas y técnicas de la presente invención se pueden usar con un aparato de electrodiálisis siempre que el uso de tal aparato no sea incompatible con los principios de la presente invención.

45 En una realización, la invención incluye un dispositivo de electrodesionización continuo para proporcionar agua purificada o tratada para uso doméstico. El dispositivo CEDI puede incluir un módulo de electrodesionización que tiene uno o más compartimentos de empobrecimiento de iones, uno o más compartimentos de concentración de iones, un compartimento de cátodo y un compartimento 110 de ánodo. El agua cruda se puede alimentar al dispositivo CEDI y se puede dividir en dos o más corrientes distintas. La primera corriente puede suministrar tanto a los compartimentos de empobrecimiento de iones como al compartimento de cátodo, mientras que la segunda corriente puede suministrar a los compartimentos de concentración de iones y al compartimento de ánodo.

50 El funcionamiento eficiente de los dispositivos de electrodesionización a menudo puede verse obstaculizado por acumulación de depósitos e incrustaciones en uno o más de los compartimentos o en porciones externas del

aparato tales como bombas, orificios y válvulas. La deposición de incrustaciones, que puede estar compuesta principalmente de sales de calcio, se produce cuando el índice de saturación de Langclier (LSI) está por encima de 0. Varios factores contribuyen típicamente al LSI, incluidos, entre otros, pH, sólidos totales disueltos (TDS), temperatura, dureza, alcalinidad y concentración de dióxido de carbono. Es posible que el LSI no indique la cantidad de incrustaciones que se producirá, pero puede proporcionar información sobre si el agua depositará incrustaciones (LSI>0), disolverá depósitos de calcio (LSI<0) o estará en equilibrio (LSI=0) con cualquier depósito de calcio. En general, el LSI es igual al cambio de pH que se requeriría para llevar el agua a las condiciones de equilibrio. Por ejemplo, un agua que presente un LSI de 1,0 podría equilibrarse reduciendo el pH del agua en 1,0 unidad de pH. Puede hallarse una fórmula y un gráfico que pueden ser adecuados para calcular el LSI de un agua en el Método ASTM D-3739.

En dispositivos CEDI, la incrustación es a menudo un problema en los compartimentos de concentración de iones donde se incrementa la concentración de calcio y otras especies disueltas. Algunas incrustaciones pueden evitarse, o eliminarse, mediante el uso de sistemas y técnicas de polaridad inversa que alternan la función del ánodo con la del cátodo y también pueden alternar la función de los compartimentos de empobrecimiento de iones y de concentración de iones. De esta manera, el agua con un LSI alto no estaría expuesta al mismo compartimento durante un largo periodo de tiempo a lo largo del cual puede acumularse incrustaciones. Tales sistemas y técnicas han sido descritos por, por ejemplo, Giuffrida y otros en la patente de los Estados Unidos número 4.956.071.

Además de los compartimentos de concentración de iones, también pueden desarrollarse incrustaciones en el compartimento de cátodo, debido a varios factores uno de los cuales puede ser un aumento en el pH debido a una producción neta de iones hidróxido. De esta manera, un agua de alimentación que tiene un LSI bajo, incluso un LSI negativo, puede comenzar a depositar incrustaciones debido a un aumento en el pH. Tal aumento de pH puede abarcar hasta 1, 2, 3 o más unidades de pH en algunos sistemas CEDI.

Para un compartimento de cátodo dado, el aumento del pH en el electrolito que atraviesa el compartimento de cátodo es función de muchos factores, incluyendo, pero sin limitarse a, el flujo de electrolito a través del compartimento de cátodo, así como la corriente que atraviesa el compartimento. Por lo tanto, cualquier aumento de pH puede ser minimizado, por ejemplo, aumentando la velocidad del flujo de fluido o disminuyendo la velocidad del flujo de corriente a través del compartimento de cátodo. Sin embargo, el mayor flujo de fluido resulta típicamente en un mayor uso de agua y, por lo tanto, disminuye el rendimiento del agua tratada que se obtiene del sistema.

De acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención, se proporciona un método que reduce cualquier aumento de pH, al tiempo que también reduce el uso de agua. El agua puede atravesar el compartimento de cátodo, así como a través de uno o más compartimentos de empobrecimiento de iones, y el agua que podría dedicarse normalmente solo al compartimento de cátodo puede funcionar tanto como agua producto, como electrolito para el compartimento de cátodo. El agua puede alimentarse primero a uno o más, o a todos, de los compartimentos de empobrecimiento de iones y luego al compartimento de cátodo, antes de su uso como agua producto. Alternativamente, el agua de alimentación puede atravesar primero el compartimento de cátodo, luego uno o más compartimentos de empobrecimiento de iones, y posteriormente hasta un punto de uso. De esta manera, la totalidad o una parte del agua que atraviesa el compartimento de cátodo se puede utilizar como agua producto, lo que permite ahorrar agua. Tal disposición, en la que el compartimento de cátodo puede estar conectado de forma fluida a uno o más compartimentos de empobrecimiento de iones, también puede proporcionar una puesta a tierra efectiva del sistema de agua a través del cátodo, lo que da como resultado mayores niveles de seguridad y mantenimiento que pueden preferirse en instalaciones particulares tales como, por ejemplo, sistemas de agua domésticos.

Se puede suministrar agua al compartimento de cátodo a una tasa que da como resultado un aumento en el pH de menos de aproximadamente 2 unidades de pH desde el momento de entrada al momento de salida del compartimento de cátodo. En otras realizaciones, el aumento de pH puede estar limitado a aproximadamente 1, 0,5, 0,2, 0,1 o menos unidades de pH. Se puede emplear cualquier técnica para reducir el aumento de pH. Una forma de controlar el aumento de pH en el catolito es aumentando el flujo de fluido a través del compartimento de cátodo. Al comparar el flujo de agua a través de un compartimento de cátodo con el flujo a través de uno de los compartimentos de vaciado en el módulo, una relación de flujo de aproximadamente 1:2, 1:5, 1:10, 1:50 o superior puede proporcionar agua que muestre un LSI preferible. Por ejemplo, si el flujo a través de un compartimento de empobrecimiento de iones es de aproximadamente 40 litros por hora, el flujo a través del compartimento de cátodo puede ser de aproximadamente 400 litros por hora, proporcionando una relación de aproximadamente 1:10 entre el flujo a través de un compartimento de empobrecimiento de iones y el flujo a través del compartimento de cátodo. Si el agua que atraviesa todos los compartimentos de empobrecimiento de iones de un módulo se dirige también a través del compartimento de cátodo, la relación de flujo entre el compartimento de cátodo y un compartimento individual de empobrecimiento de iones (suponiendo un flujo igual a través de cada compartimento) será igual a la cantidad de compartimentos de empobrecimiento de iones en el módulo. Por ejemplo, en un módulo que contiene 25 compartimentos de empobrecimiento de iones, si toda el agua que atraviesa los compartimentos de empobrecimiento de iones también atraviesa el compartimento de cátodo, la relación del flujo de agua que atraviesa cualquiera de los compartimentos de empobrecimiento de iones en relación con el compartimento de cátodo sería de aproximadamente 1:25, si el flujo a través de cada uno de los compartimentos de empobrecimiento de iones es el mismo.

El uso de agua producto como catolito puede parecer contraintuitivo por varias razones, que incluyen, por ejemplo, la mayor resistividad del agua producto en un compartimento de cátodo que típicamente se comporta mejor con agua de baja resistividad. Sin embargo, el agua producto puede tener una resistividad suficientemente baja, por ejemplo, de menos de aproximadamente 1 megaOhm, de tal manera que la conductividad a través del compartimento de cátodo no se altere en un grado en el que el rendimiento del módulo se degrada significativamente. Además, la adición de gas de hidrógeno disuelto en el agua producto cuando atraviesa el compartimento de cátodo puede proporcionar un agua de menor corrosividad sin un aumento concurrente del LSI. Este agua también puede proporcionar beneficios para la salud como resultado, por ejemplo, de la actividad antioxidante. El agua producida usando esto también puede ser menos corrosiva para el cobre o los componentes que contienen cobre que el agua del grifo cruda o el agua ablandada por medios convencionales.

El caudal a través del compartimento de cátodo se puede establecer o ajustar para que sea adecuado con el fin de minimizar la formación de incrustaciones. Preferiblemente, el caudal a través del compartimento de cátodo es mayor que aproximadamente 5 litros por minuto de agua por amperio de corriente que atraviesa el módulo. Más preferiblemente, el caudal a través del compartimento de cátodo es mayor que, o igual a, aproximadamente 12 litros por minuto de agua por amperio aplicado a través del módulo. Dado que el aumento en el pH, que ocurre típicamente en el compartimento de cátodo, puede ser función de, entre otros factores, la corriente que atraviesa el compartimento, el aumento de pH también puede mitigarse aumentando el caudal a través del compartimento en respuesta a un aumento de la corriente.

Los módulos CEDI convencionales también adolecen de incrustaciones en los compartimentos de concentraciones de iones. Esto puede deberse a un aumento del LSI que puede ser el resultado de un aumento de la concentración de calcio en el agua.

En otra realización, las incrustaciones en los compartimentos de concentración de iones pueden reducirse disminuyendo el LSI de agua que atraviesa los compartimentos de concentración. Un método para lograr esta reducción es usar al menos una parte del concentrado de corriente como anolito. De esta manera, el aumento del LSI resultante de una mayor concentración de calcio y otros componentes iónicos disueltos se puede contrarrestar disminuyendo el componente de pH del LSI. Esto se puede hacer pasando el concentrado a través del compartimento de ánodo. Por ejemplo, el agua puede pasar primero a través de uno o más de los compartimentos de concentración en un módulo CEDI y luego puede dirigirse a través del compartimento de ánodo, como anolito. El agua luego puede descartarse para desecharla o puede reciclarse a través del sistema para acumular una mayor concentración de especies disueltas y así reducir, o conservar, la cantidad de agua que se debe descargar. Por lo tanto, se puede emplear un "bucle" que incluye al menos un compartimento de concentración y al menos un compartimento de ánodo. Una parte del agua puede sangrarse o descargarse constante o intermitentemente desde tal bucle de compartimento de concentración/ compartimento de ánodo para evitar la acumulación de calcio u otros constituyentes iónicos hasta niveles que pudieran dar como resultado incrustaciones. Alternativamente, en lugar de desecharla, esta agua enriquecida con iones puede usarse en aplicaciones que no requieren agua tratada, por ejemplo, riego y otros usos convencionales de aguas grises.

El agua puede atravesar primero el compartimento de ánodo o uno o más compartimentos de concentración de iones. Por ejemplo, si se desea un agua con un pH mínimo, entonces puede aumentarse el tiempo de residencia del fluido en el compartimento de ánodo, por ejemplo, comunicándose de forma fluida con unos pocos o sólo con un compartimento de concentración de iones. Alternativamente, si todos los compartimentos de concentración de iones están en comunicación con el compartimento de ánodo, entonces cada una de estas corrientes de fluido debe contribuir con fluido, y el flujo a través del compartimento de ánodo será mayor, lo que dará como resultado una disminución de pH más pequeña.

Primero se puede hacer pasar el agua a través del compartimento de ánodo y luego a través de uno o más compartimentos de concentración de iones o, alternativamente, el agua puede hacerse pasar primero a través de uno o más compartimentos de concentración de iones y luego a través del compartimento de ánodo. Para evitar las incrustaciones en los compartimentos de concentración de iones, se puede preferir alimentar primero la corriente de fluido al compartimento de ánodo y luego al compartimento o compartimentos de concentración de iones. De esta manera, el pH de la alimentación puede reducirse (como en el LSI) antes de introducirse en el compartimento de concentración de iones. Cuando el agua que atraviesa el compartimento de ánodo y los compartimentos de concentración de iones es parte de un bucle de recirculación, puede ser menos importante hacer pasar el agua primero a través del compartimento de ánodo, porque el fluido en el bucle de recirculación (una parte del cual ya habrá pasado típicamente por el compartimento de ánodo) puede proporcionar consistentemente agua con un pH reducido a uno o todos los compartimentos de concentración de iones, independientemente del orden con el que se introduce la alimentación fresca a los dos compartimentos.

En otra realización de la presente invención, al menos uno de los compartimentos de empobrecimiento de iones del módulo está en comunicación con el compartimento de cátodo y al menos uno de los compartimentos de concentración de iones del módulo está en comunicación de fluido con el compartimento de ánodo. En otra realización más de la presente invención, la configuración del compartimento de ánodo/concentración puede ser similar o idéntica a la configuración del compartimento de cátodo/vaciado, de modo que cuando se conmuta la polaridad eléctrica aplicada del módulo, las dos corrientes de fluido también pueden intercambiar funciones

correspondientemente, poco después de que se complete la inversión de la polaridad. Esto puede proporcionar un sistema de inversión de polaridad que reduce el número de válvulas requeridas en comparación con muchos sistemas de inversión de polaridad CEDI. Por lo tanto, aunque la necesidad de inversión de polaridad puede verse disminuida debido a la reducción de LSI debido a otros cambios de diseño, si se desea una inversión de polaridad, la función de los bucles se puede conmutar para adaptarse al cambio de polaridad.

Al construir cada uno de los dos bucles de modo que alternativamente actúen como bucle de concentración/ánodo y bucle de vaciado/cátodo, no es necesario que todo el bucle y sus componentes asociados estén continuamente expuestos al fluido con mayor LSI. Es decir, cada bucle puede configurarse y tener componentes que proporcionen un grado de simetría funcional que permita que cada bucle realice funciones de concentración y vaciado alternados.

De acuerdo con otra realización de la invención, se proporciona un sistema de tratamiento de agua, preferiblemente un sistema basado en CEDI, tal como el ilustrado en la figura 3, en un punto de uso para que el agua tratada pueda producirse para el consumo doméstico de forma continua sin regeneración. Un suministro de agua tratada puede interrumpirse cuando un dispositivo de tratamiento de agua convencional, como un ablandador recargable, requiere regeneración. Sin embargo, la presente invención puede permitir un suministro ininterrumpido de agua ablandada. Además, el sistema puede ser instalado y reparado por técnicos capacitados en la instalación y el mantenimiento de los sistemas tradicionales de tratamiento de agua.

La figura 1 ilustra una realización de la invención. El módulo 100 se muestra en sección transversal ilustrando un grupo de compartimentos paralelos y alternados de empobrecimiento de iones y de concentración de iones, así como los compartimentos de ánodo y cátodo asociados en extremos opuestos del módulo. El agua procedente de una fuente doméstica, por ejemplo, agua de pozo o agua municipal que puede o no haber sido tratada al hacerla atravesar un filtro de partículas y/o de carbono, es alimentada al sistema por uno o más conductos, tales como un conducto 116. Desde el conducto 116, el agua se alimenta a través de los compartimentos de empobrecimiento de iones 140a, 140b y 140c. El agua se alimenta desde el conducto 118 a los compartimentos de concentración de iones 130a, 130b y 130c. Tanto los compartimentos de vaciado como de concentración están típicamente llenos con un material electroactivo o material de intercambio iónico tal como una resina de intercambio iónico (que puede estar ligada o no) o fibras, y cada uno de los compartimentos está limitado por una membrana permeable a aniones y una membrana permeable a cationes, aunque en otras realizaciones, un compartimento puede estar limitado por dos de una membrana de tipo similar. Después de atravesar los compartimentos de empobrecimiento de iones 140a, 140b y 140c, una parte, por ejemplo un 30% del TDS en el agua, y, en particular, una parte de los iones de dureza, tales como calcio y magnesio, pasa típicamente desde los compartimentos de empobrecimiento de iones a través de las membranas permeables a los iones adyacentes hacia el interior de un compartimento contiguo de concentración de iones. Luego, el agua atraviesa el fondo de cada uno de los compartimentos de empobrecimiento de iones hacia el interior del conducto 160 que, a su vez, alimenta un compartimento 120 de cátodo que contiene el cátodo 122. El compartimento 120 de cátodo puede contener o no material de intercambio iónico, y cuando el agua atraviesa el compartimento, el pH del agua aumenta típicamente y el gas de hidrógeno se disuelve típicamente en el agua en cantidades de partes por millón. Después de salir del compartimento de cátodo a través del conducto 180, el agua puede unirse a un bucle de recirculación en comunicación con un depósito de almacenamiento, o puede alimentar directamente a un punto de uso.

El agua que entra en el módulo a través del conducto 118 atraviesa los compartimentos de concentración 130a, 130b y 130c que están delimitados por una membrana semipermeable a iones, tal como una membrana permeable a aniones o una membrana permeable a cationes. Los compartimentos de concentración de iones se pueden llenar con medios electroactivos o con material de intercambio iónico, tales como resinas o fibras de intercambio iónico. Después de atravesar los compartimentos de concentración de iones, el agua se fortifica con materiales iónicos que se han recibido de los compartimentos adyacentes de empobrecimiento de iones. Esta agua, que ahora contiene un nivel mayor de TDS que cuando entró en los compartimentos, sale de los compartimentos a través del conducto 150 y entra en el compartimento 110 de ánodo, que contiene el ánodo 112, y que puede o no llenarse con material de intercambio iónico. A medida que el agua atraviesa el compartimento 110 de ánodo, puede reducirse el pH del agua, reduciendo así el LSI del fluido concentrado. Luego, el agua sale a través del conducto 170 donde toda, o una parte, del agua puede sangrarse para desecharla o verse intermitentemente para desecharla. El agua también puede entrar en un bucle que se recicla para alimentar continuamente a los compartimentos de concentración 130a, 130b y 130c. De esta manera, el agua puede conservarse mientras se purga el concentrado suficientemente alto de modo que el calcio, el magnesio y otras especies iónicas no se acumulen a un nivel tal que se reduzca la eficiencia, tal como secciones con incrustaciones o taponadas del módulo o sus componentes asociados de canalizaciones, filtros y válvulas. De esta manera, el calcio y otras especies que contribuyen a la dureza pueden ser eliminadas del agua, al tiempo que se minimiza la cantidad de concentrado que se debe eliminar del sistema. Por ejemplo, menos de aproximadamente 15, 10 o incluso un 5% del volumen de agua tratada puede descargarse para desecharla. Además, el concentrado que se elimina del sistema puede ser útil en aplicaciones no ablandadas, tal como para riego u otros usos que pueden no verse afectados adversamente por los niveles de dureza. La adición de altos niveles de calcio para aumentar o amortiguar el pH puede beneficiar algunas aplicaciones, que son sensibles al pH, como el mantenimiento del césped.

Otra realización con fines ilustrativos se ilustra en la figura 2 que representa un módulo 200 en sección transversal. El agua entra en el módulo desde un suministro de agua cruda, tratada o filtrada que puede ser parte de un bucle de

almacenamiento, que incluye un depósito de almacenamiento, a través del conducto 218 que alimenta el compartimento o conducto 216 de cátodo que alimenta el compartimento 210 de ánodo. El compartimento 220 de cátodo incluye una placa 222 de cátodo, mientras que el compartimento 210 de ánodo incluye una placa 212 de ánodo. Los espaciadores y electrodos del sistema pueden mantenerse unidos mediante conectores que atraviesan bloques extremos 214 y 224. El agua que atraviesa el compartimento 210 de ánodo sale del compartimento a través del conducto 260 con un pH que es más bajo que cuando entra al compartimento. El pH de esta agua puede controlarse por varios factores, incluido el caudal del agua a través del compartimento, así como por la magnitud de la corriente eléctrica que atraviesa el módulo. Por ejemplo, cuanto mayor es la corriente y más bajo es el caudal, mayor puede ser la disminución del pH. Desde el conducto 260, el agua atraviesa los compartimentos de concentración 230a, 230b y 230c. Estos compartimentos pueden contener material de intercambio iónico, tal como resina o fibras de intercambio iónico y pueden estar limitados por membranas semipermeables 290 que pueden ser permeables a los aniones, cationes, o a ambos. A medida que el agua atraviesa los compartimentos 230a, 230b y 230c aumenta típicamente su concentración iónica debido a una transferencia de materiales iónicos de los compartimentos adyacentes de empobrecimiento de iones 240a, 240b y 240c. Después de salir de los compartimentos de concentración de iones, el agua se dirige a un conducto 270 y una parte, o la totalidad, del agua se puede dirigir para su eliminación como desecho de manera constante o intermitente. El conducto 270 también puede ser parte de un bucle de reciclado que sirve para retroalimentar el agua hacia el conducto 216 y el compartimento 210 de ánodo, de modo que el agua pueda concentrarse aún más antes de que se descargue para desecharla. Cualquier volumen de agua que se pierda como desecho puede recuperarse mediante la adición de agua de alimentación desde una entrada 216.

El agua que ingresa a través del conducto 218 puede dirigirse al compartimento 220 de cátodo que contiene al cátodo 222. El agua pasa desde la parte superior del compartimento de cátodo hasta el fondo del compartimento de cátodo y sale del compartimento con un pH que es más alto que cuando entró. También puede salir con una mayor concentración de hidrógeno disuelto que cuando entró en el compartimento de cátodo. Después de salir del compartimento de cátodo y entrar en el conducto 250, el agua puede dirigirse a los compartimentos de empobrecimiento de iones 240a, 240b y 240c. Estos compartimentos pueden contener material de intercambio iónico, por ejemplo, resinas o fibras de intercambio iónico. El material de intercambio iónico contenido en los compartimentos de vaciado puede ser material de intercambio aniónico, material de intercambio catiónico, material mixto de intercambio iónico o capas alternas de material de intercambio aniónico, material mixto de intercambio iónico y/o intercambio catiónico. Preferiblemente, los compartimentos de empobrecimiento de iones contienen una resina mixta de intercambio iónico como lo hacen los compartimentos de concentración adyacentes, lo que permite que los compartimentos cambien de función con la polarización inversa. Después de atravesar los compartimentos de empobrecimiento de iones, el agua sale en un estado más purificado que cuando entró conteniendo, por ejemplo, menos de aproximadamente un 20, 40, 60 u 80% de la concentración de iones original (y particularmente, de la concentración iónica de dureza). El agua puede luego dirigirse al conducto 280 donde puede enviarse a un punto de uso, o a un sistema de bucle y almacenamiento donde se puede mezclar con agua de fuente adicional y reciclarse a través del módulo una o más veces. De esta manera, eliminando porcentajes relativamente pequeños de las especies iónicas contenidas en el agua, por ejemplo aproximadamente un 10, 20 o 40%, el agua puede estar significativamente más purificada después de varias pasadas a través del sistema con la misma eficiencia de eliminación. Por ejemplo, dependiendo de la tasa con la que el agua tratada se diluye con agua de fuente (que depende de la tasa de uso), un módulo que reduce la concentración de especies de iones de dureza en el agua en aproximadamente un 40% en cada pasada puede dar como resultado un agua purificada que contiene solo un 20% de la dureza del agua de fuente en sí. De esta manera, puede proporcionarse el agua tratada mediante un módulo relativamente pequeño que funciona en condiciones de bajo flujo y de baja corriente. Por ejemplo, en una base de concentración, un agua de alimentación que tiene una concentración de dureza de hasta aproximadamente 1800 ppm, o mayor, puede reducirse hasta aproximadamente 600 ppm, o menos, implementando un sistema de bucle de reciclado.

El módulo también se puede operar en modo de polaridad inversa. Poco después de que se invierta la polaridad de los dos electrodos, el bucle, que incluye el ánodo y los compartimentos de concentración, puede conmutar funciones con el bucle que incluye el cátodo y el compartimento de dilución. De esta manera, el compartimento 220 se convierte en el compartimento de ánodo y el compartimento 210 se convierte en el compartimento de cátodo. Asimismo, los compartimentos 240a, 240b y 240c pueden convertirse en compartimentos de concentración de iones y los 230a., 230b y 230c pueden convertirse en compartimentos de dilución de empobrecimiento de iones. Al asociar un compartimento de electrodo a una serie de compartimentos de intercambio iónico, se puede reducir el número de válvulas que es necesario activar al invertir la polaridad. Por ejemplo, en el módulo de ejemplo ilustrado en la figura 2, las funciones del conducto 270 y el conducto 280 pueden cambiar simplemente conmutando dos válvulas. Esto contrasta con sistemas que pueden contener un mayor número de componentes con válvulas independientes. Por ejemplo, si el compartimento de ánodo, el compartimento de cátodo, los compartimentos de empobrecimiento de iones y los compartimentos de concentración de iones se proveen de fontanería por separado, entonces se pueden necesitar válvulas adicionales para cambiar correspondientemente la función de cada uno de estos compartimentos al invertir la polaridad de los electrodos. Esta valvulería adicional puede conducir a un aumento de los costes y de los requisitos de mantenimiento.

La figura 3 ilustra un sistema de la invención que puede usarse como un componente en un dispositivo de electrodesionización similar a uno representado en las figuras 1 o 2.

En funcionamiento, el agua puede ingresar en el sistema en el punto de entrada 14 desde, por ejemplo, un pozo o una fuente de agua municipal. El agua que se suministra desde el punto de entrada 14 puede dividirse en dos o más corrientes y una corriente puede alimentar el recipiente de almacenamiento 12 después de atravesar un conducto 94 y el caudal indicado como 20a. Otra parte del agua recibida desde el punto de entrada 14 se alimenta típicamente al conducto 66 que puede formar parte de un bucle de dispositivo de tratamiento de ablandamiento de agua, que puede utilizar un dispositivo electroquímico, tal como un aparato de desionización, un aparato de electrodesionización y/o un aparato de electrodiálisis. En un primer modo de polaridad, el agua del conducto 66 atraviesa típicamente el conducto 68 hasta la válvula 32c donde puede dirigirse al conducto 70 y la bomba 30A que, a su vez, dirige el agua al conducto 72 y la unidad de pretratamiento 28a que puede ser, por ejemplo, un filtro de partículas o un filtro de carbono. Después de salir de la unidad de pretratamiento 28a, el agua puede atravesar el conducto 60 y alimentarse a un bucle que comprende tanto el compartimento de ánodo como los compartimentos de concentración de iones de, por ejemplo, el dispositivo de electrodesionización 100. Después de atravesar tanto el compartimento de ánodo como los compartimentos de concentración de iones, el agua sale típicamente a través del conducto 63 y puede alimentarse a una válvula 32e donde puede dirigirse a unos conductos 65 y 67. El conducto 67 conduce a una válvula 32g, la cual puede permitir que se descargue el concentrado en un desagüe 26. Se puede hacer pasar agua desde el desagüe 26 ya sea intermitentemente o de manera continua y esta agua se puede usar más, por ejemplo, como agua gris para riego. Una parte del agua que atraviesa el conducto 67 también puede dirigirse al conducto 66 completando el bucle con cualquier volumen de agua que se pierda por el desagüe 26 formado por agua adicional suministrada por el punto de entrada 14.

Al mismo tiempo, el agua normalmente pasa desde el recipiente de almacenamiento 12 a través de la salida 64 más allá del indicador de presión 20b y dentro del conducto 96, así como el conducto 98. El agua que atraviesa el conducto 98 típicamente pasa por el indicador de presión 20d, a través de una válvula de solenoide 32a, una válvula manual 32b y hasta un punto de uso. El agua puede ser suministrada al punto de uso bajo demanda. El agua que atraviesa el conducto 96 puede avanzar a un conducto 54 y, en la válvula 32d, puede dirigirse a un conducto 88, la bomba 30b, el conducto 90 y la unidad de pretratamiento 28b que puede ser, por ejemplo, un filtro de carbono o de partículas. Después de atravesar la unidad de pretratamiento 28b, el agua típicamente atraviesa el conducto 80 y entra en un bucle en el dispositivo 100 que puede incluir tanto compartimentos de empobrecimiento de iones como uno o más compartimentos de cátodo. El agua puede atravesar estos dos tipos de compartimentos en cualquier orden y luego puede recibirse en el conducto 82 que está dirigido por la válvula 32f al conducto 92 que alimenta un sensor de estado 20c, por ejemplo, un detector de conductividad, y luego el conducto 94 que conduce al recipiente de almacenamiento 12, definiendo y completando así un bucle de ablandamiento. Cualquier retirada de agua del punto de uso 18 puede estar compuesta por agua de alimentación desde el punto de entrada 14 que se une al bucle en una te 22.

Tras la inversión de la polaridad, se puede invertir la función de los bucles de vaciado y de concentración de iones. En este caso, el agua del conducto 66 puede dirigirse a través del conducto 86, la válvula 32d y al interior del conducto 88 que alimenta la bomba 30b, el conducto 90, la unidad de pretratamiento 28b y el conducto 80. Sin embargo, en este modo, el conducto 80 alimenta un bucle que puede incluir tanto compartimentos de concentración de iones como el compartimento de ánodo, saliendo así a través del conducto 82 enriquecido con contenido iónico. El agua puede entonces dirigirse a través de la válvula 32f al conducto 84 y al conducto 64 y una parte del agua puede descargarse al desagüe 26 a través de la válvula 32g. El resto del agua puede atravesar el conducto 66 y se redirige a través del mismo bucle. Cualquier agua perdida en el desagüe 26 puede recuperarse mediante la adición de agua de relleno desde el punto de entrada 14.

En este modo de polaridad inversa, el agua del recipiente de almacenamiento 12 puede atravesar la salida 64, el sensor de estado 20b, el conducto 96 y el conducto 52 y se dirige al conducto 70 a través de la válvula 32c. Después de atravesar la bomba 30a, el conducto 72, la unidad de pretratamiento 28a y el conducto 60, el agua generalmente entra en la columna de dispositivos 100 y atraviesa un bucle que incluye, por ejemplo, compartimentos de empobrecimiento de iones y uno o más compartimentos de cátodo. Después de haber sido vaciado de contenido iónico y, en particular, de la dureza que provoca especies iónicas, el agua puede entrar en el conducto 62 y ser dirigida por la válvula 32e al conducto 92, el sensor de estado 20c, a la te 22 y luego, a través del conducto 94, al recipiente de almacenamiento 12. Cualquier agua producto que pueda perderse en el punto de uso 18 puede recuperarse mediante la adición de un punto de agua de alimentación a través del punto de uso 14 y la te 22.

La inversión de polaridad puede dispararse por cualquier serie de factores tales como una disminución en la calidad del agua, o un aumento en el potencial de incrustaciones. El tiempo en cada modo de inversión puede determinarse, por ejemplo, mediante un temporizador sencillo, uso del agua, condiciones del agua, o cualquier combinación de estos y otros factores que puedan afectar el funcionamiento del sistema. Además, la polaridad puede ser invertida manualmente en cualquier momento por un operador, tal como un propietario o un técnico de mantenimiento.

La función y ventaja de estas y otras realizaciones de la presente invención se comprenderán más completamente a partir de los siguientes ejemplos. Los siguientes ejemplos están destinados a ilustrar los beneficios de la presente invención, pero no ejemplifican el alcance total de la invención.

Ejemplo 1

En un experimento, se evaluó la efectividad de desviar parcialmente la corriente diluida al cátodo como alimentación del electrodo. Se alimentó un dispositivo de electrodesionización de columna de 25 pares de celdas con un agua que tenía aproximadamente 308,5 ppm (18 gpg (granos por galón) de dureza y una conductividad de aproximadamente 730 μ S/cm. La presión de alimentación era de aproximadamente 20 psi y la tensión se aplicó a aproximadamente 30 voltios. El flujo total diluido a través de los compartimentos de empobrecimiento de iones fue de aproximadamente 1500 ml/min y una parte de este flujo se proporcionó al compartimento de cátodo para proporcionar un flujo de electrodo de aproximadamente 250 ml/minuto. El flujo de rechazo de los compartimentos de concentración de iones fue de aproximadamente 480 ml/min. La columna se hizo funcionar independientemente de un sistema de depósito. Los resultados de este experimento se muestran en la Tabla 1 a continuación y en la Figura 4.

Tabla 1

	Dureza (ppm) [(gpg)]	Alcalinidad (ppm)	pH	TDS (ppm)	LSI
Diluido	174,8 (10,2)	174	7,36	295	-0,18
Rechazo	771,2 (45)	600	8,06	1132	1,62
Electrodo	209,08 (12,2)	214	9,4	322	2,03

El rechazo de dureza fue de aproximadamente un 45% y el rechazo de TDS fue de aproximadamente un 41 %. Después de aproximadamente un día de operación, la acumulación de incrustaciones se hizo evidente en el compartimento de cátodo y el funcionamiento se interrumpió.

Ejemplo 2

En otro experimento, el sistema mostrado en la figura 3 se hizo funcionar con la columna del Ejemplo 1. Sin embargo, se realizó un cambio en la ruta de flujo a través de la columna. En este caso, en lugar de derivar una parte del agua producto hacia la cámara de electrodo, el agua cruda se usó como fluido de alimentación del cátodo. Se usó un capilar para controlar la descarga de rechazo a aproximadamente 250 ml/min y se ejecutó un enjuague de 30 segundos de la corriente de rechazo entre ciclos. Aproximadamente 37,9 litros (diez galones) de agua fueron descargados del depósito cada tres horas, dando como resultado una extracción de aproximadamente 302,8 litros (80 galones) por día. La conductividad del depósito se redujo aproximadamente a las 11/2 horas de la puesta en marcha, pero el capilar del electrodo se obstruyó debido a la formación de incrustaciones. Los datos para varias corrientes de fluidos se proporcionan en la Tabla 2, a continuación.

Tabla 2

	Diluido	Rechazo	Alimentación a diluido	Descarga conc.	Catolito
Dureza (ppm) [(gpg)]	77,1 (4,5)	411,3 (24)	87,4 (5,1)	274,2 (16)	299,9 (17,5)
Alcalinidad (ppm)	70	330	80	250	250
pH	6,97	7,31	6,15	7,7	7,7
TDS (ppm)	136	649	150	459	489
LSI	-1,3	38	-2,0	0,5	0,52
Conductividad (μ S/cm)	200	946	222	663	715

Este ejemplo demostró que el sistema de depósito es capaz de proporcionar agua con una dureza reducida y un TDS reducido en comparación con un sistema sin depósito, pero con el requisito de eliminar la acumulación de incrustaciones.

Ejemplo 3

En otro experimento, se empleó el mismo sistema utilizado en el Ejemplo 2 anterior con cambios adicionales en la columna. En este caso, la cámara del compartimento de empobrecimiento de iones se conectó directamente al compartimento de cátodo de modo que toda el agua producto fluyera a través del compartimento de cátodo. De esta manera, el caudal a través del cátodo se aumentó a aproximadamente 1500 ml/min. Se aplicaron aproximadamente 52 voltios a la columna de 25 pares de celdas. Como se muestra en la figura 5, dentro de aproximadamente dos horas después de aproximadamente una descarga de 45,4 litros (12 galones) del depósito, la pureza de la salida del depósito había alcanzado el valor de corte de aproximadamente 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El eje izquierdo proporciona conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el eje derecho proporciona corriente en amperios. El porcentaje de rechazo en el momento en el que se cerró el sistema (al cumplir el valor de corte) fue de aproximadamente un 64%. También es de destacar que no hubo evidencia de incrustaciones en el compartimento de cátodo.

Esto demuestra que cuando una gran parte del agua producto, por ejemplo, el 100% del agua producto, atraviesa el compartimento de cátodo, puede reducirse o eliminarse la deposición de incrustaciones. Además, se obtienen beneficios adicionales tales como TDS más bajos cuando se emplea un sistema de depósito con una columna que utiliza producto a través del cátodo. Tal característica puede ser particularmente útil en un sistema de ablandamiento de agua que puede beneficiarse de bajos requisitos de mantenimiento.

Ejemplo 4

En otro experimento se usó el mismo sistema utilizado en el Ejemplo 3 anterior, y la calidad del agua se controló mediante una serie de dos descargas de aproximadamente 41,6 litros (11 galones) cada una desde el depósito. La columna se hizo funcionar en condiciones similares, excepto que se aplicaron aproximadamente 40 voltios a la columna. Como es evidente por la figura 6, la primera descarga del depósito fue aproximadamente a las 10:48 p.m. y la irrupción resultante de agua cruda no aumentó la conductividad lo suficiente como para activar el inicio del sistema. La segunda descarga del depósito, aproximadamente a las 2:00 a.m., dio como resultado un aumento de la conductividad que fue adecuada para iniciar el sistema, y la conductividad de la salida de agua del depósito se recuperó hasta el valor de corte en menos de aproximadamente tres horas. De nuevo, como en el Ejemplo 3 anterior, no se evidenciaron incrustaciones en el compartimento de cátodo. Esto demuestra la solidez del sistema en más de un ciclo de descarga del depósito en volúmenes que son típicos para los utilizados, por ejemplo, en una sola residencia familiar. Puede haber varios factores que expliquen la falta de deposición de incrustaciones en los Ejemplos 3 y 4, entre los que se encuentran el LSI inferior. Esto puede deberse en parte al mayor caudal hacia el compartimento de cátodo y también a la turbulencia adicional que se ha desarrollado en el compartimento de cátodo con los mayores caudales.

De acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención, uno o más componentes del sistema de tratamiento se pueden limpiar periódicamente, o según sea necesario, para eliminar o al menos desactivar al menos una parte de cualquier organismo contaminante, es decir, bacterias u otros microorganismos. Por ejemplo, las superficies mojadas que serían susceptibles a la acumulación de bacterias pueden exponerse a uno o más agentes de limpieza, tales como ácidos, bases o cualquier otro producto químico de limpieza típico, tales como, sin limitación, alcoholes u otros compuestos desinfectantes. En otros casos, uno o más componentes del sistema de tratamiento pueden exponerse a agua que está a una temperatura suficientemente elevada como para inactivar las bacterias que pueden acumularse en el sistema de tratamiento y/o sus componentes. De acuerdo con otras realizaciones de la presente invención, el sistema de pretratamiento puede comprender cualquier aparato o dispositivo que pueda dejar inactivos microorganismos, tales como bacterias, en el agua a tratar. Por ejemplo, un sistema de pretratamiento puede comprender uno o más aparatos que dejan inactivas a las bacterias exponiéndolas a radiación actínica u ozono. De acuerdo con o con más realizaciones de la presente invención, el sistema de tratamiento puede comprender un sistema de postratamiento para eliminar cualquier especie indeseable que incluya, por ejemplo, bacterias u otros microorganismos antes de que se introduzcan o pasen a través del punto de uso. Los ejemplos de aparatos de postratamiento adecuados incluyen, por ejemplo, aquellos que exponen microorganismos a radiación actínica y/u ozono. Otros ejemplos de sistemas de postratamiento adecuados incluyen filtración, tales como dispositivos de microfiltración o ultrafiltración. Tales sistemas de postratamiento se pueden incorporar a lo largo de cualquier punto en el sistema de tratamiento de agua, pero preferiblemente se utilizarían en o cerca de un punto de uso o uniones adecuadas en un sistema de distribución de fluido.

De acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención, el dispositivo de tratamiento puede utilizar técnicas de mejora del rendimiento para eliminar adicionalmente cualquier especie de dureza acumulada o precipitada. Por ejemplo, el dispositivo de electrodesionización puede invertirse periódicamente como se discute en este documento y tiene especies solubilización inyectadas en el mismo para disolver cualquier especie precipitada. Los ejemplos de tales especies incluyen sales que pueden promover la disolución de compuestos precipitados.

Los expertos en la materia apreciarán fácilmente que todos los parámetros y configuraciones descritos en este documento pretenden ser ejemplares y que los parámetros y configuraciones reales dependerán de la aplicación específica para la que se usen los sistemas y métodos de la presente invención. Los expertos en la materia reconocerán, o serán capaces de determinar, usando nada más que la experimentación rutinaria, muchos equivalentes a las realizaciones específicas de la invención descrita aquí. Por ejemplo, los expertos en la técnica

5 pueden reconocer que el sistema, y los componentes del mismo, de acuerdo con la presente invención pueden comprender además una red de sistemas o ser un componente de un sistema tal como un sistema doméstico o de gestión residencial. Por lo tanto, debe entenderse que las realizaciones anteriores se presentan solamente a modo de ejemplo y que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes, la invención puede ponerse en práctica de otra manera que la descrita específicamente. Por ejemplo, aunque el término "fondo" se ha utilizado en este documento para referirse a una orientación o dirección de flujo de agua, el término se ha usado solo con fines ilustrativos y su uso no limita el alcance de las reivindicaciones a una orientación particular. La presente invención se dirige a cada característica, sistema o método individual descrito en este documento. Además, cualquier combinación de dos o más de tales características, sistemas o métodos, si tales características, sistemas o métodos no son mutuamente inconsistentes, está incluida dentro del alcance de la presente invención.

10

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de purificación de agua, en el que el aparato de purificación de agua comprende un aparato de electrodesionización o un aparato de electrodiálisis, comprendiendo el aparato:
- un compartimento (120) de cátodo;
- 5 un compartimento (110) de ánodo;
- al menos un compartimento de empobrecimiento de iones (140), alimentándose el al menos un compartimento de empobrecimiento de iones (140) a través de un conducto (116) y estando colocado entre el compartimento (120) de cátodo y el compartimento (110) de ánodo; caracterizado por que el al menos un compartimento de empobrecimiento de iones (140) está conectado de forma fluida a través de un conducto (160) al compartimento
- 10 (120) de cátodo;
- comprendiendo además el aparato de purificación de agua al menos un compartimento de concentración de iones (130), que se alimenta a través de un conducto (118), y el al menos un compartimento de concentración de iones (130) está conectado de forma fluida a través de un conducto (150) al compartimento (110) de ánodo y es adyacente al por lo menos un compartimento de empobrecimiento de iones (140).
- 15 2. El aparato de purificación de agua de la reivindicación 1, en el que el compartimento (120) de cátodo está en comunicación de fluido con una salida de fluido purificado.
3. El aparato de purificación de agua de la reivindicación 2, en el que la salida de fluido purificado está aguas abajo del compartimento (120) de cátodo.
4. El aparato de purificación de agua de la reivindicación 1, en el que al menos una parte de cualquier agua en el
- 20 aparato está puesta a tierra a través de un cátodo.
5. Un método para purificar agua que comprende:
- hacer pasar una parte de un primer fluido por un conducto (116) a través de un compartimento de empobrecimiento de iones (140) de un aparato de purificación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, para producir un segundo fluido; y
- 25 después de atravesar el compartimento de empobrecimiento de iones (140) al menos una parte del segundo fluido pasa a un conducto (160) y luego atraviesa el compartimento (120) de cátodo para producir agua purificada;
- hacer pasar una segunda parte del primer fluido por un conducto (118) a través de al menos un compartimento de concentración de iones (130) del aparato de purificación de agua;
- 30 y después de atravesar el compartimento de concentración de iones (130) la segunda parte del primer fluido sale del compartimento de concentración de iones (130) a través de un conducto (150) y luego atraviesa el compartimento (110) de ánodo;
- reducir el LSI de la segunda parte del primer fluido.
6. El método de la reivindicación 5, que comprende además el paso de disolver hidrógeno en el segundo fluido.
7. El método de la reivindicación 5, que comprende además entregar el segundo fluido a un punto de uso (18) después de que haya fluido a través del compartimento (120) de cátodo.
- 35 8. El método de la reivindicación 5, que comprende además reducir la corrosividad del segundo fluido.
9. El método de la reivindicación 5, en el que se elimina más del 10% y menos del 90% de la dureza del segundo fluido.
10. El método de la reivindicación 9, en el que se elimina más de aproximadamente el 30% y menos de aproximadamente el 70% de la dureza del segundo fluido.
- 40 11. El método de la reivindicación 9, en el que se elimina más del 50% de la dureza del segundo fluido.
12. El método de la reivindicación 5, en el que el LSI se reduce a menos de aproximadamente 0.

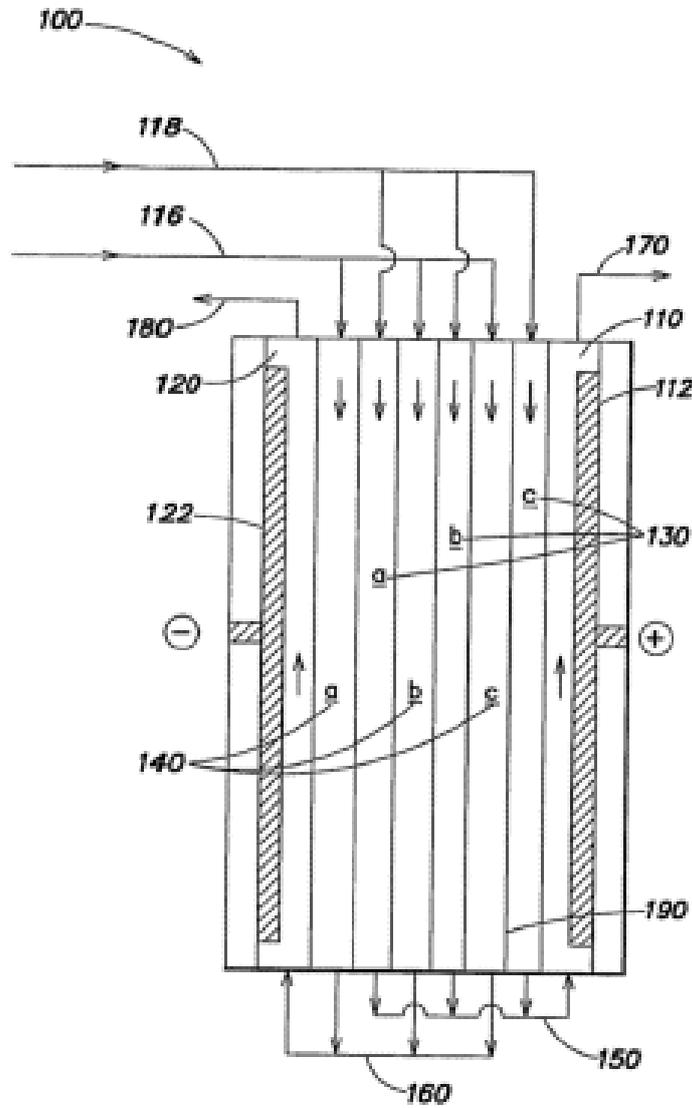


FIG. 1

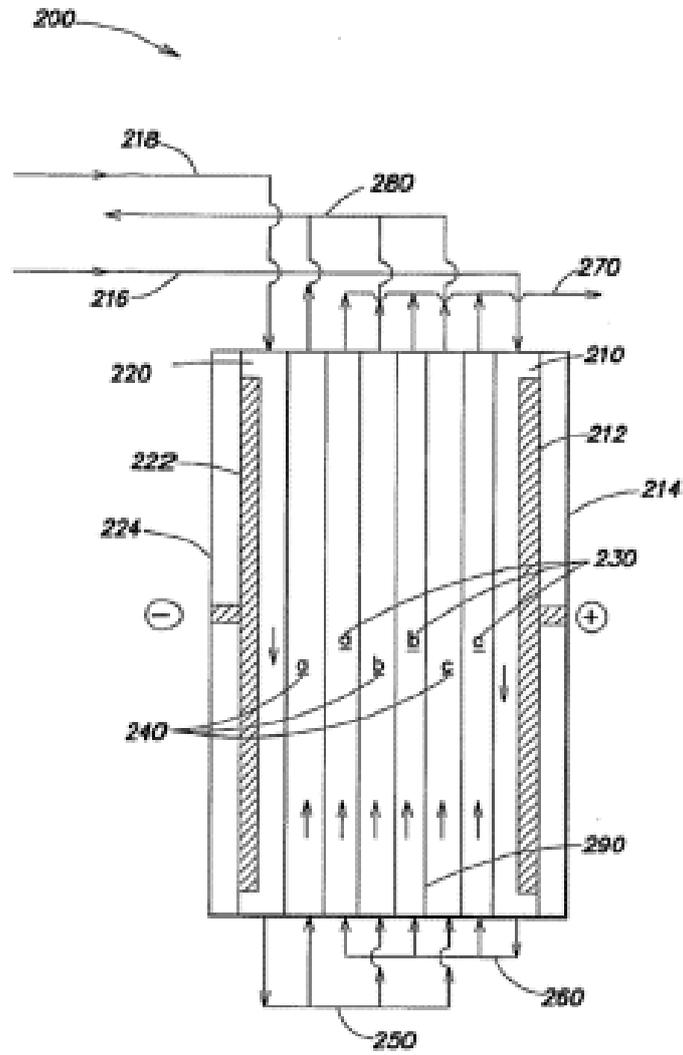


FIG. 2

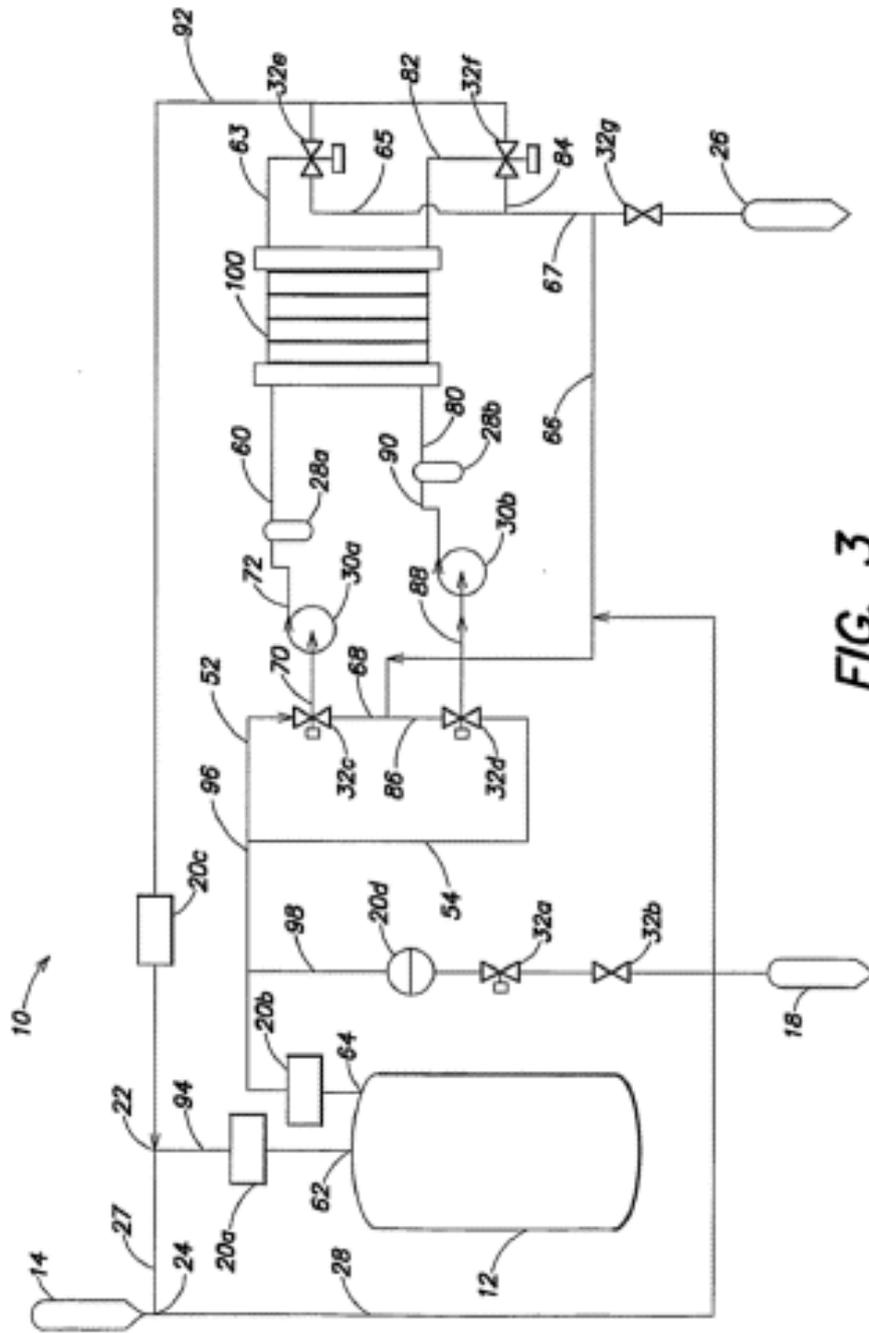


FIG. 3

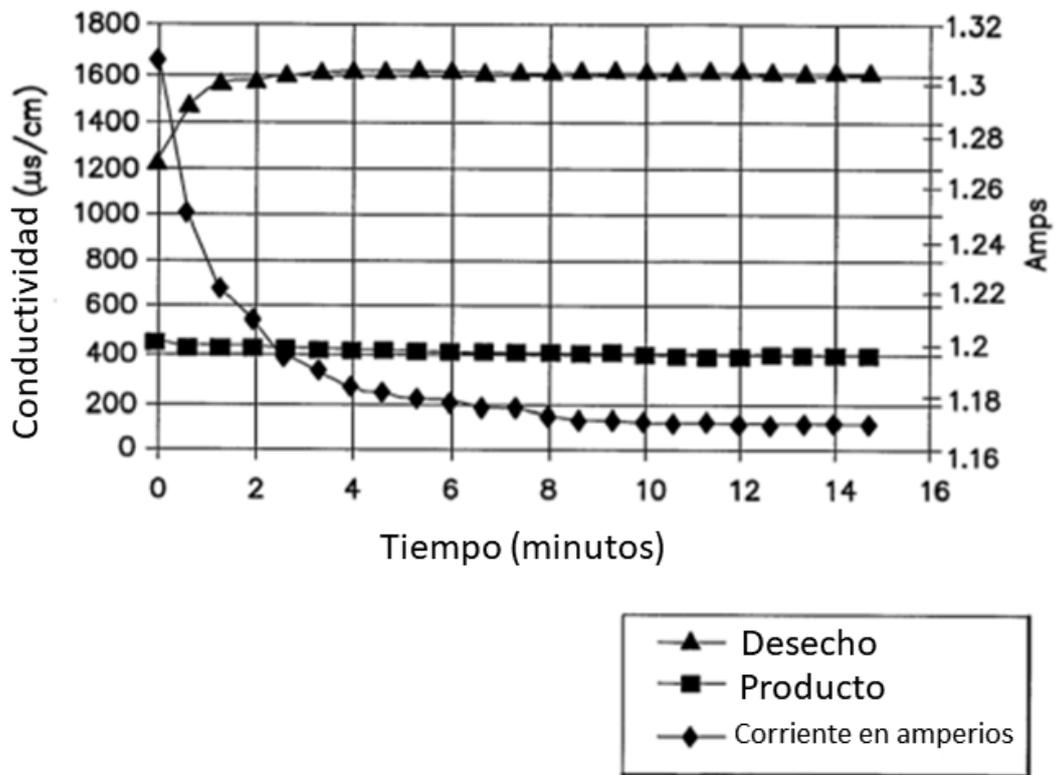
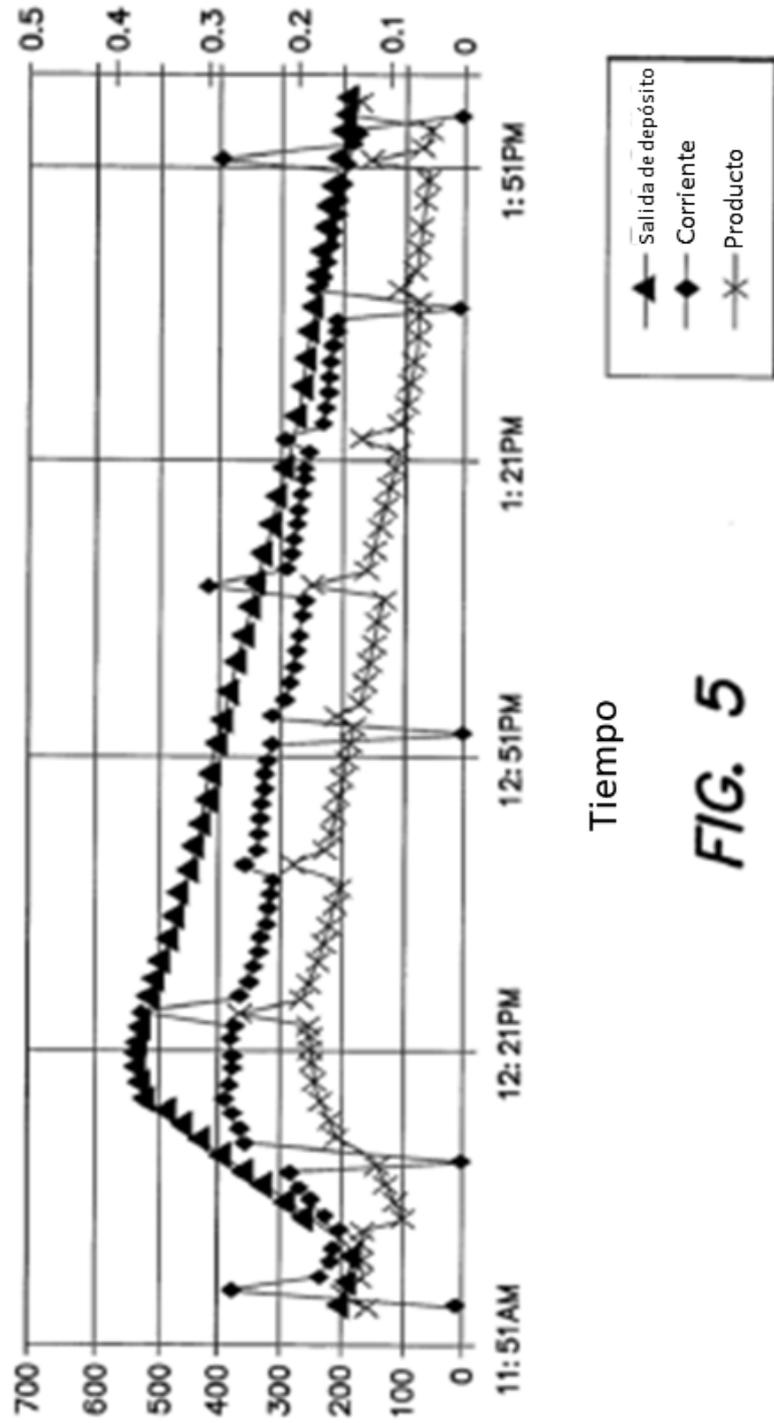


FIG. 4



Tiempo

FIG. 5

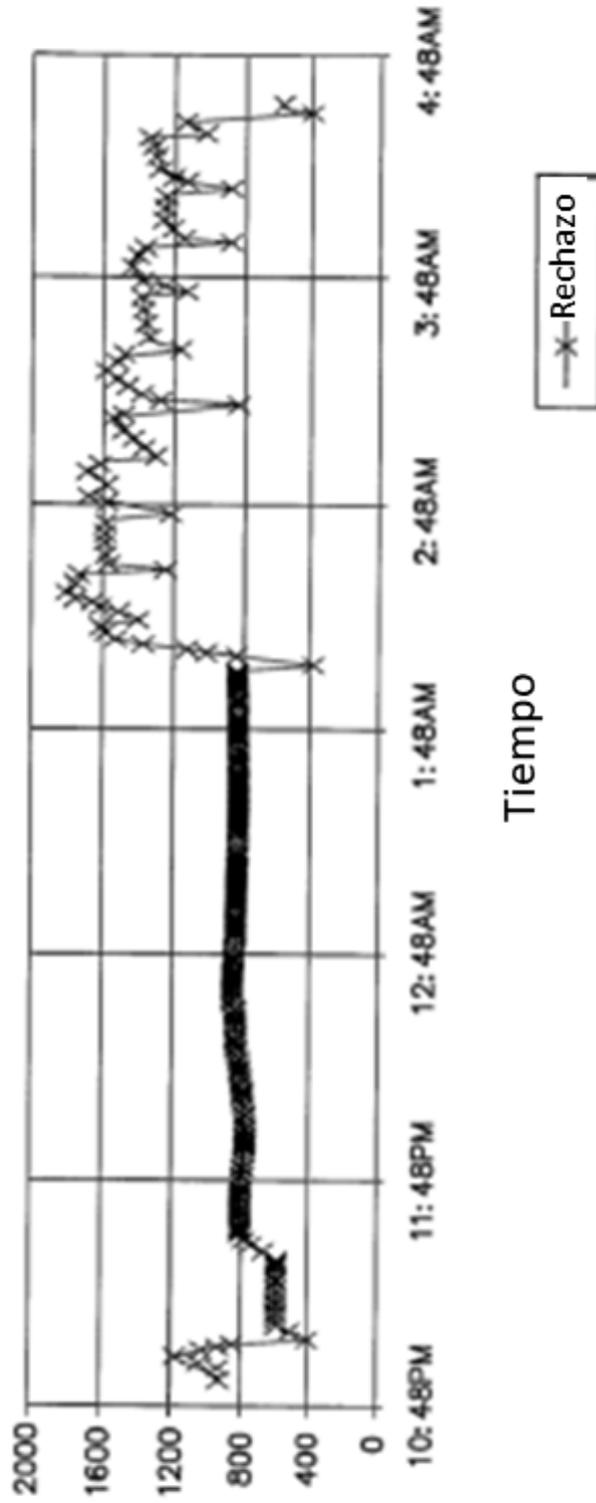


FIG. 6