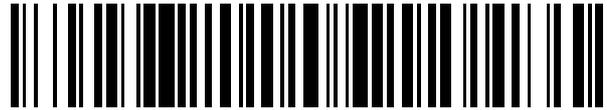


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 876**

51 Int. Cl.:

C02F 1/469 (2006.01)

B01D 61/48 (2006.01)

B01J 47/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2004 E 04810920 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 1704121**

54 Título: **Método de tratamiento de agua**

30 Prioridad:

13.11.2003 US 712163

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

30.12.2014

73 Titular/es:

**EVOQUA WATER TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
4800 North Point Parkway, Suite 250
Alpharetta, GA 30022 , US**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 525 876 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de tratamiento de agua

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

- 5 La presente invención se refiere generalmente a un sistema y método para tratar un fluido y, más específicamente, a un sistema de tratamiento de agua que incorpora un dispositivo electro químico, un sistema de reserva y un regulador de flujo de rechazo y métodos de dichos sistemas para suministrar agua tratada a un punto de uso.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 El agua que contiene especies de dureza, tal y como calcio y magnesio, puede ser indeseable para algunos usos en aplicaciones industriales, comerciales y domésticas. Las pautas típicas para clasificación de durezas de agua son: de cero a 60 miligramos por litro (mg/l) como 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 de más de 180 mg/l como muy dura.

- 15 El agua dura se puede ablandar o tratar eliminando especies de iones de dureza. Ejemplos de sistemas que eliminan dichas especies incluyen aquellos que se usan en lechos de intercambio de iones. En dichos sistemas, los iones de dureza se enlazan iónicamente a especies iónicas de carga opuesta que se mezclan en la superficie de la resina de intercambio iónico. La resina de intercambio iónico finalmente se satura con especies de iones de dureza iónicamente enlazados y debe ser regenerada. Típicamente, la regeneración implica reemplazar las especies de dureza enlazadas con especies iónicas más solubles, tal y como cloruro de sodio. Las especies de dureza enlazadas a la resina de intercambio iónico se reemplazan con los iones de sodio y las resinas de intercambio iónico están listas nuevamente para una etapa posterior de ablandamiento de agua.

- 20 Se han descrito otros sistemas. Por ejemplo, en la patente estadounidense nº 3.148.687, Dosch describe una lavadora que incluye una disposición de ablandamiento de agua que utiliza resinas de intercambio iónico. De manera similar, en la publicación de solicitud internacional nº WO00/64325, Gadini et al. describe un electrodoméstico que utiliza agua con un dispositivo mejorado para reducir la dureza del agua. Gadini et al. describe un electrodoméstico que presenta un sistema de control, un sistema de suministro de agua de una fuente externa y un sistema de ablandamiento con una celda electroquímica.

- 25 La electrodesionización (EDI) es un proceso que se puede utilizar para ablandar agua. La EDI es un proceso que elimina especies ionizables de líquidos a través de medios eléctricamente activos y un potencial eléctrico para influenciar el transporte de iones. El medio eléctricamente activo puede funcionar para recolectar y descargar especies ionizables de manera alternativa, o para facilitar el transporte de iones continuo mediante mecanismos de sustitución iónicos o electrónicos. Los dispositivos EDI pueden incluir medios que presentan cargas permanentes o temporales. Dichos dispositivos pueden provocar reacciones electroquímicas diseñadas para lograr o mejorar el rendimiento. Estos dispositivos también incluyen membranas eléctricamente activas, tal como membranas bipolares o de intercambio iónico semipermeables.

- 30 La electrodesionización continua (CEDI) es un proceso en el que el parámetro de dimensión primario es el transporte a través de los medios, no la capacidad iónica de los medios. Un dispositivo CEDI típico incluye membranas de intercambio aniónicas y catiónicas semipermeables. Los espacios entre membranas están configurados para crear compartimientos de flujo líquido con bocas de entrada y de salida. Un campo eléctrico de CC transversal se impone mediante una fuente de energía externa que dispara electrodos a los bordes de las membranas y compartimientos. A menudo, se proveen compartimientos de electrodos para que el producto de reacción de los electrodos se pueda separar de los otros compartimientos de flujo. Al imponer el campo eléctrico, los iones en el líquido se atraen a sus respectivos contraelectrodos. En un compartimiento de agotamiento de iones (agotamiento), enlazado por la membrana permeable de aniones electroactivos y la membrana catiónica, típicamente se agotan los iones y en un compartimiento de concentración de iones contiguo (concentración), enlazado por la membrana permeable catiónica electroactiva y la membrana aniónica electroactiva, típicamente se concentran los iones. El volumen dentro de los compartimientos de agotamiento y, en algunos casos, dentro de los compartimientos de concentración, también incluye medios eléctricamente activos. En dispositivos CEDI, los medios pueden incluir resinas de intercambio aniónicas y catiónicas íntimamente mezcladas. Típicamente, los medios de intercambio iónico mejoran el transporte de iones dentro de los compartimientos y pueden participar como sustrato para reacciones electroquímicas controladas. Los dispositivos de electrodesionización han sido descritos por, por ejemplo, Giuffrida et al. en las patentes estadounidenses nº 4.632.745, 4.925.541 y 5.211.823, por Ganzi en las patentes estadounidense nº 5.259.936 y 5.316.637, por Oren et al. en la patente estadounidense nº 5.154.809 y por Kedem en la patente estadounidense nº 5.240.579.

- 55 El documento WO/9532052 describe un aparato de electrodesionización que presenta un protocolo de inversión de polaridad diseñado para ofrecer un fluido de producto permanente y de gran calidad.

- De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se describe un método para tratar agua. El método puede comprender introducir agua en un dispositivo electroquímico para producir agua tratada y una corriente de concentrado, que recircula al menos una porción de la corriente de concentrado en un compartimiento de concentración del dispositivo electroquímico, y descarga una porción predeterminada de la corriente de concentrado de acuerdo con un esquema de descarga predeterminado, en el que
- 5 el método además comprende repetir la descarga de una porción predeterminada de la corriente de concentrado, en el que el método además comprende la inversión de un campo eléctrico aplicado a lo largo del dispositivo electroquímico de acuerdo con un esquema de carga predeterminado, en el que el método además comprende medir una propiedad del agua tratada,
- 10 en el que el método además comprende ajustar el esquema de descarga predeterminado basado en la propiedad del agua tratada, en el que descargar una porción predeterminada de la corriente de concentrado comprende accionar un regulador de flujo, en el que el método además comprende aplicar una carga positiva al regulador de flujo.
- 15 Otras ventajas, características innovadoras y objetos de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se la considere en conjunto con los dibujos que la acompañan, los cuales son esquemáticos y no pretenden estar dibujados a escala. En las figuras, cada componente idéntico o sustancialmente similar que se ilustra en varias figuras se representa por un único número o notación. Por cuestiones de claridad, no todos los componentes están etiquetados en cada figura, ni se muestran todos los
- 20 componentes de cada realización de la invención descrita donde la ilustración no fuera necesaria para permitir que aquellos con una habilidad normal en la técnica puedan comprender la invención.

Breve descripción de los dibujos

Se describirá una realización preferida, sin carácter restrictivo, de la presente invención a modo de ejemplo y haciendo referencia a los dibujos que la acompañan, en los cuales:

- 25 la Figura 1 es un diagrama de flujo de procesos de un sistema de tratamiento de agua que muestra un sistema de reserva que presenta un conjunto de sensores y un dispositivo de electrodesionización de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;
- la Figura 2 es una vista esquemática transversal de un dispositivo de electrodesionización típico, que ilustra las direcciones del fluido y del flujo de iones a través de los compartimientos de agotamiento y de concentración de
- 30 acuerdo con una o más realizaciones de la invención.
- la Figura 3 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de tratamiento de agua de acuerdo con una realización de la invención, tal y como se la describe en el Ejemplo 1;
- la Figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de tratamiento de agua de acuerdo con una realización de la invención, tal y como se la describe en el Ejemplo 2;
- 35 la Figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de tratamiento de agua de acuerdo con una realización de la invención, tal y como se la describe en el Ejemplo 3;
- las Figuras 6A-6B son gráficos que muestran las propiedades del agua medidas en el sistema de tratamiento de agua que se muestra de manera esquemática en la Figura 5, bajo un potencial aplicado de aproximadamente 40 voltios, en el que la Figura 6A muestra la conductividad de las corrientes del producto y de la boca de salida del
- 40 tanque y la Figura 6B muestra la conductividad de una corriente de rechazo;
- las Figuras 7A-7B son gráficos que muestran las propiedades del agua medidas en el sistema de tratamiento de agua que se muestra de manera esquemática en la Figura 5, bajo un potencial aplicado de aproximadamente 52 voltios, en el que la Figura 7A muestra la conductividad de las corrientes del producto y de la boca de salida del tanque y la Figura 7B muestra la conductividad de una corriente de rechazo; y
- 45 las Figuras 8A-8B son gráficos que muestran las propiedades del agua medidas del sistema de tratamiento de agua que se muestra de manera esquemática en la Figura 5, en los que la Figura 8A muestra la conductividad de las corrientes del producto y de la boca de salida del tanque y la Figura 8B muestra la conductividad de una corriente de rechazo.

Descripción detallada de la invención

La presente invención está dirigida a un método para ofrecer agua tratada en aplicaciones industriales, comerciales y domésticas. Un sistema de tratamiento apropiado ofrece agua tratada o ablandada para un punto de uso al eliminar al menos una porción de cualquier especie que provoque dureza en el agua de una fuente de agua, como agua municipal, agua de pozo, agua salobre o agua que contenga impurezas. Otras aplicaciones del sistema serían en el tratamiento y procesamiento de alimentos y bebidas, azúcares, industrias varias, como las industrias química, farmacéutica, de alimentos y bebidas, de tratamientos de agua residual y de generación de energía.

Típicamente, el sistema de tratamiento de agua recibe agua de la fuente de agua o de un punto de entrada y trata el agua que contiene al menos alguna especie indeseable antes de suministrar el agua tratada a un punto de uso. Un sistema de tratamiento típico tiene un sistema de reserva en línea con un dispositivo de electrodesionización. El sistema de tratamiento además podría comprender un sensor para medir al menos una propiedad del agua o una condición operativa del sistema de tratamiento. El sistema de tratamiento también puede incluir un controlador para ajustar o regular al menos un parámetro operativo del sistema de tratamiento o de un componente del sistema de tratamiento.

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo esquemático de un sistema de tratamiento de agua. El sistema de tratamiento de agua 10 puede incluir un sistema de reserva 12 conectado de manera fluida, típicamente en un extremo corriente arriba, a una fuente de agua o a un punto de entrada 14 y también a un dispositivo de electrodesionización 16, típicamente en un extremo corriente abajo. El sistema de tratamiento de agua 10 típicamente incluye un punto de uso 18, que típicamente está conectado de manera fluida corriente abajo del sistema de reserva 12. El sistema de tratamiento 10 también tiene un sensor 20 y un controlador 22 para controlar o regular la fuente de energía 24 que provee de energía al dispositivo de electrodesionización 16. Típicamente, el dispositivo de electrodesionización 16 elimina especies indeseables del agua que se va a tratar que fluye desde un punto de entrada 14 para producir agua tratada para almacenamiento en un sistema de reserva 12 y suministrarla finalmente al punto de uso 18. Las especies indeseables eliminadas mediante el dispositivo de electrodesionización 16 se transfieren típicamente a un uso auxiliar o a un tubo de desagüe 26.

El sistema de tratamiento de agua podría además incluir un sistema de pretratamiento 28, que esta típicamente conectado de manera fluida corriente arriba de un sistema de reserva 12 o de un dispositivo de electrodesionización 16. Además, típicamente el sistema de tratamiento de agua 10 también incluye componentes de control de fluidos, como una bomba 30 y una válvula 32.

La presente invención además se comprenderá mejor si se tienen en cuenta las siguientes definiciones. Tal y como se lo utiliza en la presente, el término "presurizado" se refiere a un sistema o componente que tiene una presión, interna o aplicada, que está por encima de la presión atmosférica. Por ejemplo, un sistema de reserva presurizado tiene una presión interna que es mayor que la presión atmosférica. A efectos ilustrativos, la presente invención ha sido descrita en términos de un dispositivo de electrodesionización. Sin embargo, los sistemas y técnicas de la presente invención pueden utilizar otros dispositivos electroquímicos que afectan la eliminación o reducción de especies indeseables desde una corriente de fluido a ser tratada. Por ejemplo, el dispositivo electroquímico puede comprender un aparato de electrodiálisis o, en algunas realizaciones de la invención, un aparato de deionización capacitivo.

La Figura 2 muestra de manera esquemática una vista transversal del recorrido de fluidos y de flujo de iones mediante un dispositivo de electrodesionización de acuerdo con la presente invención. El dispositivo de electrodesionización o dispositivo 16 incluye compartimientos de agotamiento de iones o de agotamiento 34 y compartimientos de concentración de iones o de concentración 36, posicionados entre compartimientos de agotamiento 34. Los compartimientos de agotamiento 34 están típicamente bordeados por un compartimiento de anolito 38 y un compartimiento de catolito 40. Típicamente, se posicionan bloques de extremo (no se muestran) adyacentes a placas de extremo (no se muestran) para alojar un ánodo 42 y un cátodo 44 en sus respectivos compartimientos. Los compartimientos pueden incluir membranas selectivas de cationes 46 y membranas selectivas de aniones 48, que están típica y periféricamente selladas con la periferia de ambos lados de los compartimientos.

Las membranas selectivas de cationes y membranas selectivas de aniones están típicamente formadas por un polvo de intercambio iónico, un aglutinante de polvo de polietileno y un lubricante de glicerina. En algunas realizaciones de la presente invención, las membranas selectivas de cationes y aniones son membranas basadas en poliolefina heterogéneas, que están típicamente extruidas mediante un proceso termoplástico que utiliza calor y presión para crear una lámina compuesta. Sin embargo, el uso de membranas homogéneas solas o combinadas con membranas heterogéneas está contemplado en la presente invención. Las membranas selectivas de iones adecuadas representativas incluyen, por ejemplo, una banda soportada que usa estireno-divinil benceno con ácido sulfónico o grupos funcionales de amonio cuaternario, una banda soportada que usa estireno-divinil benceno en un aglutinante de fluoruro de polivinilideno, y estireno no soportado-sulfonado e injertos vinil-bencil-amino cuaternizados sobre una lámina de polietileno.

Los compartimientos de concentrado 36 están típicamente rellenos con resina de intercambio catiónico 50 y los compartimientos de agotamiento 34 están típicamente rellenos con resinas de intercambio catiónico 50 y resinas de

intercambio aniónico 52. Las resinas de intercambio catiónico y aniónico pueden estar dispuestas en capas dentro de cualquiera de los compartimientos de agotamiento, de concentración y de electrodos para que se puedan ensamblar varias capas en una variedad de disposiciones. Otras posibilidades incluyen, por ejemplo, el uso de resinas de intercambio iónico de lecho mezclado en cualquiera de los compartimientos de agotamiento, de concentración o de electrodos, el uso de resinas inertes entre capas de lechos de resinas de intercambio aniónico y catiónico, el uso de varios tipos y disposiciones de resinas aniónicas y catiónicas que incluyen, pero no se restringen a, aquellas descritas por DiMascio et al., en la patente estadounidense nº 5.858.191.

En la práctica, un líquido que va a ser tratado 54, típicamente un fuente de agua corriente arriba que entra al sistema de tratamiento en el punto de entrada 14, habiendo disuelto los componentes catiónicos y aniónicos, que incluyen especies de iones de dureza, se introduce en compartimientos de agotamiento 34, a través de un distribuidor 60, en el que los componentes catiónicos son atraídos a la resina de intercambio catiónica 50, y los componentes aniónicos son atraídos a la resina de intercambio aniónico 52. Un campo eléctrico aplicado a través del dispositivo de electrodesionización 16, a través del ánodo 42 y del cátodo 44, que están típicamente posicionados en extremos opuestos del dispositivo de electrodesionización 16, pasa típicamente de manera perpendicular respecto de la dirección de flujo del fluido de manera que los componentes aniónicos y catiónicos en el líquido tiendan a migrar en una dirección correspondiente a sus electrodos de atracción.

Los componentes catiónicos pueden migrar a través de la membrana selectiva de cationes 46 hacia un compartimiento de concentración adyacente 36. La membrana selectiva de aniones 48, posicionada en el lado opuesto del compartimiento de concentración 36, puede evitar la migración hacia compartimientos adyacentes, encerrando así los componentes catiónicos en el compartimiento de concentración. De manera similar, los componentes aniónicos pueden migrar a través de las membranas selectivas de aniones, pero en una dirección que es típicamente opuesta respecto de la dirección de migración de los componentes catiónicos. Los componentes aniónicos pueden migrar a través de la membrana selectiva de aniones 48 desde el compartimiento de agotamiento 34 a un compartimiento de concentración adyacente 36. La membrana selectiva de cationes 46, posicionada en el lado opuesto del compartimiento de concentración 36, puede evitar mayores migraciones, encerrando así los componentes aniónicos en el compartimiento de concentración. En definitiva, los componentes iónicos se eliminan o agotan del líquido 54 en compartimientos de agotamiento 34 y se recolectan en compartimientos de concentración 36 que derivan en una corriente de producto de agua tratada 56 y una corriente de concentrado o de residuo 58.

El campo eléctrico aplicado a través del dispositivo de electrodesionización 16 puede crear un fenómeno de polarización, que conduce a la disociación de agua en iones de hidrógeno e hidroxilo. Los iones de hidrógeno e hidroxilo pueden regenerar las resinas de intercambio iónico 50 y 52 en compartimientos de agotamiento 34, para que la eliminación de componentes iónicos disueltos pueda suceder continuamente y no en una etapa por separado para regenerar las resinas de intercambio iónico desgastadas debido a la migración de especies iónicas. El campo eléctrico aplicado a través del dispositivo de electrodesionización 16 es típicamente una corriente continua. Sin embargo, cualquier campo eléctrico aplicado que crea una desviación o una diferencia potencial entre un electrodo y el otro puede utilizarse para favorecer la migración de especies iónicas. Por lo tanto, se puede utilizar una corriente alterna, siempre que haya una diferencia potencial entre electrodos que sea suficiente para atraer especies catiónicas y aniónicas respecto de los electrodos de atracción. Una corriente alterna también puede rectificarse, por ejemplo, mediante un diodo o un rectificador puente, para convertir una corriente alterna en una corriente continua pulsatoria de modo que, cuando la corriente se aplica a través del dispositivo de electrodesionización, se crea un gradiente potencial que atrae las respectivas especies iónicas.

Los medios electroactivos, por ejemplo, las perlas de resina de intercambio iónico 50 y 52, típicamente utilizados en los compartimientos de agotamiento 34, pueden tener una variedad de grupos funcionales en sus regiones superficiales, tales y como grupos alquilamino terciarios y dimetiletanolamina. Estos materiales también pueden utilizarse en combinaciones con materiales de resina de intercambio iónico que presentan varios grupos funcionales en sus regiones superficiales, tales como grupos de amonio cuaternarios.

El sistema de reserva 12 puede almacenar o acumular agua desde el punto de entrada 14 o una fuente de agua y también puede utilizarse para almacenar agua ablandada o tratada de una corriente de producto 56 de un dispositivo de electrodesionización 16 y también ofrecer agua, típicamente agua tratada o agua tratada mezclada con agua del punto de entrada 14 al punto de uso 18 a través de un sistema de distribución. El sistema de reserva puede ser un sistema de reserva presurizado. La presión en el sistema de reserva presurizado puede crearse mediante varios métodos y técnicas, por ejemplo, mediante la presurización de agua con una bomba o mediante la elevación de la fuente de agua, creando así una presión de descarga.

El sistema de reserva 12 también puede comprender un recipiente presurizado o un recipiente que tiene bocas de entrada y de salida para el flujo de fluido como una boca de entrada 62 y una boca de salida 64. La boca de entrada 62 está típicamente conectada de manera fluida al punto de entrada 14 y la boca de salida 64 está típicamente conectada de manera fluida a un sistema de distribución de agua o a un punto de uso 18. El sistema de reserva 12 puede tener varios recipientes o recipientes que contengan varias bocas de entrada posicionadas en diferentes ubicaciones de cada recipiente. De manera similar, la boca de salida 64 puede estar posicionada en cada recipiente en diferentes ubicaciones dependiendo, entre otras cosas, de la demanda o de la velocidad de flujo al punto de uso 18, de la capacidad o la eficiencia del dispositivo de electrodesionización 16 y de la capacidad o del almacenamiento

- del sistema de reserva 12. El sistema de reserva 12 puede además comprender varios componentes o elementos que realicen funciones deseables o que eviten consecuencias indeseables. Por ejemplo, el sistema de reserva 12 puede tener recipientes que presentan componentes internos, como ser compuertas posicionadas para interrumpir cualquier corriente de flujo interno dentro de los recipientes del sistema de reserva 12. Posiblemente, el sistema de reserva 12 tiene un termopermutador para calentar o enfriar el fluido. Por ejemplo, el sistema de reserva 12 puede comprender un recipiente con un serpentín de calentamiento, que puede presentar un fluido de calentamiento a una temperatura elevada. El fluido de calentamiento puede ser agua caliente en un flujo de bucle cerrado que funciona como unidad de calentamiento, como ser un horno, de modo que cuando la temperatura del fluido de calentamiento se eleva en el horno, la temperatura del agua en el recipiente aumenta por transferencia de calor. Otros ejemplos de componentes auxiliares o adicionales incluyen, sin carácter restrictivo, válvulas de liberación de presión diseñadas para liberar presión interna de cualquier recipiente y evitar, o al menos reducir la posibilidad de rotura de recipiente, y tanques de dilatación térmica que son apropiados para mantener una presión operativa deseada. El tamaño y capacidad del tanque de dilatación térmica dependerá de factores que incluyen, sin carácter restrictivo, el volumen total de agua, la temperatura operativa y la presión del sistema de reserva.
- En la práctica, el sistema de reserva 12 está típicamente conectado corriente abajo del punto de entrada 14 y conectado de manera fluida en línea, como en un bucle de recirculación, con el dispositivo de electrodesionización 16. Por ejemplo, el agua del punto de entrada 14 puede fluir a la boca de entrada 62 y puede mezclarse con el agua a granel contenida dentro del sistema de reserva 12. El agua puede salir del sistema de reserva 12, típicamente a través de la boca de salida 64, y dirigirse al punto de uso 18 o a través de la bomba 30 hacia el dispositivo de electrodesionización 16 para el tratamiento o eliminación de cualquier especie indeseable. El agua tratada que sale del dispositivo de electrodesionización 16 puede mezclarse con el agua del punto de entrada 14 y entrar al sistema de reserva 12 a través de la boca de entrada 62. De esta manera, se puede definir o formar un bucle entre el sistema de reserva 12 y el dispositivo de electrodesionización 16 y el agua de alimentación del punto de entrada 14 puede reaprovisionar la demanda de agua creada por el punto de uso 18 y que fluye hacia él.
- El punto de entrada 14 puede ofrecer agua de una fuente de agua o conectar la fuente de agua a un sistema de tratamiento de agua. La fuente de agua puede ser una fuente de agua potable, como ser agua municipal o agua de pozo, o puede ser no potable, como ser una fuente de agua salobre o de agua salada. Típicamente, un tratamiento intermedio o un sistema de tratamiento trata el agua de modo que sea apropiada para el consumo humano antes de llegar al punto de entrada 14. El agua típicamente contiene sales disueltas o especies iónicas o ionizables, que incluyen sodio, cloruro, iones de calcio, iones de magnesio, carbonatos, sulfatos u otras especies insolubles o semisolubles o gases disueltos, como ser sílice y dióxido de carbono. Además, el agua puede contener aditivos que incluyen, sin carácter restrictivo, fluoruro, cloruro y bromuro.
- El sistema de tratamiento de agua 10 también puede incluir un sistema de distribución de agua, que a su vez se conecta con un punto de uso. El sistema de distribución de agua puede comprender componentes que están conectados de manera fluida para suministrar agua presurizada, típicamente agua tratada, de un sistema de reserva 12 a un punto de uso 18. El sistema de distribución de agua puede comprender una disposición de tuberías, válvulas, tubos en T, bombas y distribuidores para ofrecer agua desde un sistema de reserva 12 a uno o varios puntos de uso 18 o a cualquier componente de sistema de tratamiento de agua 10.
- El punto de uso 18 es típicamente cualquier dispositivo o electrodoméstico que requiera o demande agua. Por ejemplo, el punto de uso 18 puede ser un electrodoméstico, como ser una lavadora o un lavavajillas, o puede ser un grifo que sirve para suministrar agua a un fregadero o a un cabezal de ducha. El punto de uso 18 puede comprender un sistema para suministrar agua apropiada para uso doméstico o residencial. En otra variante, el sistema de tratamiento de agua 10 también comprende un sensor, típicamente un sensor de propiedad de agua, que mide al menos una propiedad física del agua del sistema de tratamiento de agua 10. Por ejemplo, el sensor 20 puede ser un dispositivo que puede medir la turbidez, alcalinidad, conductividad de agua, pH, temperatura, presión o velocidad de flujo. El sensor 20 puede estar instalado o posicionado dentro del sistema de tratamiento de agua 10 para medir específicamente una propiedad del agua preferida. Por ejemplo, el sensor 20 puede ser un sensor de conductividad del agua instalado en un sistema de reserva 12 para que el sensor 20 mida la conductividad del agua, lo que indirectamente mide la calidad del agua disponible para servicio en el punto de uso 18. El sensor 20 también puede comprender una serie o un conjunto de sensores en un sistema de reserva 12. El conjunto de sensores puede disponerse y conectarse al controlador 22 para que se monitoree la calidad del agua en el sistema de reserva 12, de manera intermitente o permanente mediante el controlador 22, y la calidad del agua o el funcionamiento del dispositivo de electrodesionización 16 puede optimizarse tal y como se describe a continuación. Otras realizaciones pueden comprender una combinación de conjuntos de sensores en varias ubicaciones en todo el sistema de tratamiento de agua 10. Por ejemplo, el sensor 20 puede ser un sensor de flujo que mide la velocidad del flujo hasta el punto de uso 18 y además incluye cualquier nefelómetro, sensor de pH, temperatura y presión que monitoree las condiciones operativas del sistema de tratamiento 10.
- El sistema de tratamiento de agua 10 puede además comprender un sistema de pretratamiento 28 diseñado para eliminar una porción de cualquier especie indeseable del agua antes de que el agua se introduzca, por ejemplo, en el sistema de reserva 12 o en el dispositivo de electrodesionización 16. Ejemplos de sistemas de pretratamiento incluyen, sin carácter restrictivo, dispositivos de ósmosis inversa, que se utilizan típicamente para desalinizar agua

salobre o salada. Pueden ser necesarios filtros de carbono o carbón como componentes de los sistemas de pretratamiento para eliminar al menos una porción de cualquier cloro, incluso cloro activo o cualquier especie que pueda ensuciar o interferir con el funcionamiento del dispositivo de electrodesionización 16.

5 El sistema de pretratamiento 28 se puede posicionar en cualquier parte del sistema de tratamiento 10. Por ejemplo, el sistema de pretratamiento 28 se puede posicionar corriente arriba del sistema de reserva 12 o corriente abajo del sistema presurizado 12, pero corriente arriba del dispositivo de electrodesionización 16 para que al menos algunas especies de cloro se retengan en el sistema de reserva 12 pero que se eliminen antes de que el agua entre al dispositivo de electrodesionización 16.

10 El sistema de tratamiento de agua 10 además posiblemente comprende un controlador 22 capaz de monitorizar y regular las condiciones operativas del sistema de tratamiento de agua 10 y sus componentes. El controlador 22 típicamente comprende un dispositivo basado en un microprocesador, como ser un controlador lógico programable (PLC por su sigla en inglés) o un sistema de control distribuido que recibe o emite señales de entrada o de salida a componentes del sistema de tratamiento de agua 10. Por ejemplo, el controlador 22 puede ser un PLC que pueda emitir una señal a la fuente de energía 24, que pueda suministrar energía al dispositivo de electrodesionización 16 o
15 pueda suministrar una señal a un centro de control de motor que suministre energía a las bombas 30. En ciertas realizaciones, el controlador 22 puede regular las condiciones de funcionamiento del sistema de tratamiento de agua 10 en un esquema de control de bucle abierto o bucle cerrado. Por ejemplo, el controlador 22, en un control de bucle abierto, puede ofrecer señales para el sistema de tratamiento de agua, de manera que el agua se trate sin medir ninguna condición operativa. Por otra parte, el controlador 22 puede controlar las condiciones operativas en un
20 control de bucle cerrado para que se puedan ajustar los parámetros operativos dependiendo de una condición operativa medida. En incluso otra realización, el controlador 22 puede además comprender un sistema de comunicación tal como un dispositivo de comunicación para transmitir o enviar cualquier condición operativa medida o parámetro de operación a una estación remota.

25 El controlador 22 puede ofrecer una señal que acciona cualquier válvula 32 en el sistema de tratamiento de agua 10 para que los parámetros de flujo de fluido en un sistema de tratamiento de agua 10 puedan ajustarse o ser ajustables de acuerdo con una variedad de parámetros de funcionamiento que incluyen, sin carácter restrictivo, la calidad del agua desde el punto de entrada 14, la calidad del agua hacia el punto de uso 18, la demanda o cantidad de agua hacia el punto de uso 18, la eficiencia operativa o la capacidad del dispositivo de electrodesionización 16 o cualquier variedad de condiciones operativas, tal como conductividad del agua, pH, temperatura, presión,
30 composición o velocidad de flujo. Además, el controlador 22 puede recibir señales del sensor 20 para que el controlador 22 pueda ser capaz de monitorizar los parámetros operativos del sistema de tratamiento de agua 10. Por ejemplo, el sensor 20 puede ser un sensor de conductividad de agua posicionado dentro del sistema de reserva 12 para que el controlador 22 monitorice la conductividad del agua en el sistema de reserva 12. El controlador 22 puede, basado en la calidad del agua medida por el sensor 20, controlar la fuente de energía 24, que ofrece un campo eléctrico al dispositivo de electrodesionización 16. En la práctica, el controlador 22 puede aumentar, disminuir o, de lo contrario, ajustar el voltaje, la corriente, o ambos, provistos al dispositivo de electrodesionización 16.

35 Además, el controlador 22 también puede invertir la dirección del campo aplicado desde la fuente de energía 24 al dispositivo de electrodesionización 16 de acuerdo con un esquema predeterminado o con una condición operativa, como ser la calidad del agua o cualquier otro parámetro operativo. La inversión de la polaridad, que fue descrita, por ejemplo, por Giuffrida et al. en la patente estadounidense n° 4.956.071 se considera dentro del alcance de la presente invención.

40 El controlador 22 puede configurarse o ser configurable mediante programación o puede autoajustarse para que sea capaz de maximizar cualquier vida útil y eficiencia, o reducir el coste operativo del sistema de tratamiento 10. Por ejemplo, el controlador 22 puede comprender un microprocesador que tenga valores establecidos que el usuario pueda seleccionar o valores establecidos autoajustables que ajusten el voltaje y la corriente aplicada al dispositivo de electrodesionización 16, la velocidad de flujo a través de los compartimientos de concentrado y de agotamiento del dispositivo de electrodesionización o el caudal de flujo para descargar en el tubo de desagüe 26 desde el dispositivo de electrodesionización o desde el sistema de pretratamiento, o ambos. En otra realización de la invención, el controlador 22 puede estar programado para que sea capaz de ajustar un cambio en el ciclo del
45 dispositivo de electrodesionización. Por ejemplo, el controlador 22 puede controlar el período entre la inversión de pluralidad de un campo eléctrico aplicado a través del dispositivo de electrodesionización basado en una propiedad del agua medida como ser, sin carácter restrictivo, la conductividad del agua que se entrega al punto de uso. En otra realización de la invención, el controlador 22 puede calcular un índice de saturación Langelier (LSI) del agua en el sistema de reserva 12 y ajustar un parámetro operativo del sistema 10 basado en la diferencia entre el LSI calculado y un valor establecido. El LSI puede calcularse de acuerdo con, por ejemplo, el procedimiento descrito en la norma
50 ASTM D 3739. En algunas realizaciones de la invención, el fluido tratado, como ser el agua ablandada, tiene un LSI bajo para que tenga una menor tendencia a incrustarse. Tal y como se utiliza aquí, el agua con un LSI bajo tiene un LSI de menos de aproximadamente 2, preferiblemente de menos de aproximadamente 1, y más preferiblemente, de menos de 0. En algunas realizaciones, la presente invención ofrece líquidos tratados, como ser agua, que tiene una
55 conductividad baja. Tal y como se utiliza aquí, un líquido de baja conductividad tiene una conductividad de menos de
60

aproximadamente 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, preferiblemente de menos de aproximadamente 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y más preferiblemente, de menos de aproximadamente 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5 El controlador 22 puede incorporar un control de banda muerta para reducir la posibilidad de inestabilidad en el control de encendido/apagado o vibración ruidosa. La banda muerta se refiere al rango de salida de señales que un sensor ofrece sin necesariamente activar una señal de control de respuesta. En algunas realizaciones, la banda muerta puede residir intrínsecamente en uno o más componentes del sistema de tratamiento, como ser el sensor, o puede estar programada como parte del sistema de control, o ambas. El control de banda muerta puede evitar un funcionamiento intermitente innecesario al suavizar las excursiones de medición. Tales técnicas de control pueden extender la vida útil o el tiempo medio antes de fallo de los componentes del sistema de tratamiento 10. Otras técnicas que se pueden utilizar incluyen el uso de mediciones de votación, de tiempo de suavización o de tiempo promedio, o combinaciones de los mismos.

15 Por consiguiente, el sistema de tratamiento almacena agua desde el punto de entrada 14, que está típicamente conectado a una fuente de agua, a una presión por encima de la presión atmosférica en una primera zona del sistema de reserva 12. El sistema de reserva 12 puede estar conectado de manera fluida a un sistema de distribución de agua que transfiere el agua tratada a un punto de uso 18. El sistema de tratamiento 18 también tiene un dispositivo de electrodesionización 16 que trata el agua desde el punto de entrada 14 al eliminar al menos una porción de cualquier especie indeseable para producir agua tratada que se introduce en un sistema de reserva 12 en una segunda zona del sistema de reserva 12. La primera y segunda zona del sistema de reserva 12 pueden estar monitorizadas por al menos un sensor de calidad de agua, más preferiblemente, por un conjunto de sensores de calidad de agua conectado a un controlador 22, que, a su vez, puede ajustar un parámetro operativo del dispositivo de electrodesionización 16. De esta manera, el controlador 22 puede monitorizar la primera y segunda zona del sistema de reserva 12 y regular el funcionamiento del dispositivo de electrodesionización 16 dependiendo de cualquiera de las propiedades medidas por un sensor o un conjunto de sensores 20 que miden las propiedades del agua del agua en la primera y segunda zona.

25 El controlador 22, a través del sensor o de un conjunto de sensores 20, también puede medir una propiedad de agua del agua en la primera y segunda zona del sistema de reserva 12 y también puede medir una velocidad de flujo que circula hacia al menos un punto de uso 18 y puede ajustar un parámetro operativo del dispositivo de electrodesionización 16 basado en las propiedades medidas. Por ejemplo, cuando una velocidad de flujo aumentada se mide hacia el punto de uso 18, el controlador 22 ajusta un parámetro operativo del dispositivo de electrodesionización 16 para tratar agua con el propósito de compensar una demanda adicional que fluye hacia el punto de uso 18. En otro ejemplo, el controlador 22 puede ajustar un parámetro operativo del dispositivo de electrodesionización 16, dependiendo del volumen en la primera y segunda zona del sistema de reserva 12 y la demanda histórica requerida por el punto de uso 18.

35 El controlador 22 también puede regular el funcionamiento del sistema de tratamiento al incorporar algoritmos adaptivos o predictivos, que son capaces de monitorizar la demanda y la calidad del agua y ajustar el funcionamiento del dispositivo de electrodesionización, por ejemplo incrementando y disminuyendo el voltaje aplicado o el período entre las inversiones de campo eléctrico del dispositivo de electrodesionización 16. Por ejemplo, el controlador 22 puede utilizar técnicas predictivas que anticipan una demanda más alta de agua tratada durante las horas de la mañana en un uso residencial para abastecer el punto de uso 18, que sirve como cabezal de ducha.

40 El sistema de tratamiento 10 podría comprender un regulador de flujo 32a para regular el flujo de una corriente de descarga o de residuo hacia el tubo de desagüe 26. El regulador de flujo 32a puede ajustar la cantidad o el volumen de la corriente de residuo que fluye hacia el tubo de desagüe 26. En otro aspecto de la realización, el flujo regulador 32a es capaz de crear un flujo pulsante hacia el tubo de desagüe 26 y puede comprender o una válvula o placa perforada, o una combinación de los mismos. En otra realización de la invención, debido a que el regulador de flujo 32a está típicamente dispuesto de manera fluida corriente abajo en el sistema de tratamiento, el flujo pulsante puede crear una onda o un frente de presión que se puede propagar a lo largo de o en una porción del sistema de tratamiento 10. En otro aspecto de una realización, la onda de presión es suficiente para desalojar cualquier sólido, material precipitado o gases retenidos o acumulados en el sistema de tratamiento 10 para que el material o el gas pueda realizarse o descargarse hacia el tubo de desagüe 26 o liberarse a través de un respiradero (no se muestra) del sistema de tratamiento 10.

55 El regulador de flujo también puede ser una válvula que puede abrirse y cerrarse de manera intermitente según un esquema predeterminado para un período de tiempo predeterminado con el propósito de permitir el flujo de un volumen predeterminado. La cantidad o volumen de fluido que fluye hacia el tubo de desagüe puede ajustarse o cambiarse al, por ejemplo, modificar la frecuencia con que el regulador de flujo se abre o se cierra o al modificar el tiempo en que el regulador de flujo está abierto o cerrado. En una realización, el regulador de flujo se puede controlar o regular mediante el controlador 22 a través de, por ejemplo, una señal accionadora. Por lo tanto, en una realización de la invención, el controlador 22 ofrece una señal accionadora, como ser una señal por radio, corriente o neumática con, por ejemplo, un motor o diafragma, que abre y cierra el regulador de flujo.

El fluido regulado por válvula o flujo regulador 32a puede ser cualquier fluido o cualquier corriente que se descargue como residuo, como ser la corriente de residuo 58 o una corriente de residuo de un dispositivo de pretratamiento. Por lo tanto, si el sistema de tratamiento comprende un sistema de pretratamiento con un aparato de ósmosis inversa, luego la corriente de residuo puede incluir un fluido de descarga desde el dispositivo de electrodesionización y el fluido de descarga desde el aparato de ósmosis inversa. En incluso otro aspecto, en referencia a la Figura 2, la corriente de residuo 58 puede incluir cualquiera de los fluidos de los compartimientos de electrodos 38 y 40 o compartimiento de concentrado 36 del dispositivo de electrodesionización. Puede verse que el fluido de los compartimientos de electrodos o los compartimientos de concentrado puedan enviarse directamente al tubo de desagüe 26 o puede recircularse, antes de la descarga, a los compartimientos de electrodo, el compartimiento de concentrado, o ambos. De esta manera, la eficiencia total del sistema de tratamiento puede aumentarse mientras se disminuyen los costes operativos debido a una menor descarga total. En incluso otra realización, la presente invención ofrece un parámetro operativo para ajustar, por ejemplo, la velocidad de descarga hacia el tubo de desagüe o el período durante la descarga, como una función de al menos un parámetro medido, como ser la presión operativa del sistema. Por ejemplo, el período en el que la válvula 321, en la Figura 3 se acciona para abrir la descarga se puede ajustar en base a la presión medida del líquido provisto al punto de uso 18. En algunos casos, el regulador de flujo puede accionar la apertura para reducir la presión medida o puede accionarse a un mínimo, dependiendo del tipo de válvula, cuando la presión medida está por debajo de un valor predeterminado. Tal esquema de control secundario se puede incorporar o anidar dentro de cualquiera de los bucles de control existentes que accionan el regulador de flujo.

El regulador de flujo puede comprender una válvula que sea una válvula de apertura rápida con una caída de presión mínima o inexistente. Ejemplos de válvulas apropiadas incluyen, sin carácter restrictivo, válvulas de diafragma como ser válvulas de bola, de compuerta y de mariposa, que están disponibles, por ejemplo, en Bürkert USA (Irvine, California) y South Bend Controls, Inc. (South Bend, Indiana). Otras válvulas que se pueden utilizar incluyen válvulas de pinza o flex o cualquier válvula que pueda desprender o desalojar cualquier incrustación precipitada durante la activación.

Además, el regulador de flujo puede servir como parte de un bucle de control de presión, además de ser parte de un bucle de control de descarga concentrada. Por ejemplo, el regulador de flujo puede accionarse por el controlador 22 cuando la conductividad medida de la corriente de concentrado alcanza el valor establecido. Un bucle de control de presión separado puede estar yuxtapuesto para aliviar la presión en el sistema 10. En cualquiera de los esquemas de control mencionados anteriormente, los bucles de control pueden incorporar retroalimentaciones, además de otro proporcional, derivativo, integral o, preferiblemente, una combinación de los mismos.

Según la presente invención, el regulador de flujo presenta una carga eléctrica que fluye por el mismo. En una realización, la carga aplicada es un voltaje o una corriente suficiente para generar especies iónicas alrededor del flujo regulador. Y, en una realización preferida, la carga aplicada es suficiente para generar especies iónicas cargadas positivamente. En incluso otra realización, la carga aplicada crea especies iónicas que bajan el pH del fluido que rodea el regulador de flujo. Por lo tanto, en un aspecto de una realización, la carga aplicada es suficiente para generar iones de hidrógenos cargados positivamente. Preferiblemente, la carga aplicada genera suficientes iones de hidrógeno como para que en efecto cambie el pH a menos de aproximadamente 7, preferiblemente, a menos de aproximadamente 6, y más preferiblemente, a menos de aproximadamente 5. Por lo tanto, de acuerdo con otro aspecto de una realización de la presente invención, el regulador de flujo es cualquier válvula o una placa con un orificio de flujo o una combinación de los mismos que puede tener una carga aplicada que genera suficientes especies iónicas para reducir el pH del flujo que rodea. El regulador de flujo puede estar hecho de cualquier material apropiado que pueda tolerar una exposición al agua prolongada. Ejemplos de ese tipo de materiales incluyen, sin carácter restrictivo, aceros inoxidables, plásticos, compuestos conductivos, como ser grafito.

En incluso otro aspecto de una realización de la presente invención, la carga se aplica periódicamente o se aplica dependiendo de una condición operativa del sistema de tratamiento. Por ejemplo, la carga puede ser aplicada de acuerdo con un esquema periódico predeterminado o la carga aplicada puede ser aplicada cuando un parámetro operativo, como ser o bien conductividad de agua, caída de presión a través del dispositivo de electrodesionización, pH del agua, cambio de voltaje o corriente sobre el dispositivo de electrodesionización o cualquier combinación de los mismos.

En otra realización de la presente invención, el agua típica desde la corriente de residuo 58 hasta los usos adicionales puede proporcionar o brindar beneficios adicionales o secundarios. Por ejemplo, la corriente de residuo 58, en vez de dirigirse al tubo de desagüe 26, puede utilizarse para ofrecer agua de riego para cualquier uso residencial, comercial o industrial, como ser riego, reciclado o recuperación de sales recolectadas o concentradas.

La presente invención será ilustrada en detalle mediante los siguientes ejemplos, que son de naturaleza ilustrativa y no tienen la intención de limitar el alcance de la invención.

Ejemplo 1

Un sistema de tratamiento, que se muestra de manera esquemática en la Figura 3, diseñado y evaluado para su funcionamiento. El sistema de tratamiento 10 presentaba un dispositivo de electrodesionización 16 con un sistema

de pretratamiento (no se muestra) y un recipiente presurizado 12. El agua, desde el punto de entrada 14, se introdujo en un recipiente presurizado 12 y se hizo recircular a través del dispositivo de electrodesionización 16. El sistema de tratamiento de agua se controló mediante un controlador programable (no se muestra) basado en la conductividad de agua medida, por los sensores 20b y 20c, corriente arriba de una boca de entrada 62 y corriente abajo de una boca de salida 64 del recipiente presurizado 12.

El dispositivo de electrodesionización 16 comprendía 10 pares de celdas apiladas con una trayectoria de flujo de 13 pulgadas. Cada celda estaba rellena con la resina AMBERLITE® SF 120 y la resina AMBERLITE® IRA 458, ambas disponibles en Rohm & Haas Company, Filadelfia, Pensilvania. El dispositivo de electrodesionización utilizaba un electrodo de titanio expandido cubierto con óxido de rutenio.

El recipiente presurizado 12 es un recipiente de fibra de vidrio de un diámetro de 25,4 cm (10 pulgadas) con una capacidad de 164,35 litros (17 galones). La corriente de concentrado que abandona el dispositivo de electrodesionización se hizo recircular parcialmente o se rechazó parcialmente hacia el tubo de desagüe 26 mediante las válvulas de regulación 32c, 32e, 32f, 32g, 32h, 32j y 32i. El agua de compensación, del punto de entrada 14, se incorporó a la corriente recirculante para compensar por el agua que se rechazó hacia el tubo de desagüe 26 mediante las válvulas de regulación 32b, 32c y 32d en una secuencia apropiada.

El agua tratada que salió del dispositivo de electrodesionización 16 fue transferida al recipiente 12 mediante las válvulas accionadoras 32i y 32k. La velocidad de agua tratada al punto de uso 18 desde la boca de salida 64 del recipiente presurizado 12 se reguló mediante la válvula de ajuste 32a. Se instalaron varios sensores para medir las condiciones operativas y las propiedades del agua a lo largo del sistema de tratamiento 10, que incluyen indicadores de presión 20d, 20f, 20g, 20h y 20i, indicadores de velocidad de flujo 20a, 20e, 20j y 20k, y sensores de conductividad 20b, 20c y 20l.

El controlador comprendía un controlador programable MICROLOGIX™ 1000, disponible en Allen-Bradley Company, Inc., Milwaukee, Wisconsin. El dispositivo de electrodesionización fue configurado para encenderse con una señal del interruptor de flujo o cuando se detectara que la conductividad del agua de la corriente de la boca de salida que abandona el recipiente presurizado fuera mayor que un valor establecido. La alimentación del dispositivo de electrodesionización se hizo circular desde el recipiente presurizado mediante una bomba de alimentación secundaria. La polaridad del campo eléctrico aplicado al dispositivo de electrodesionización se invirtió cuando fue necesario.

Las válvulas 32j y 32l son el tipo de válvula de "encendido y apagado" que ofrecían una trayectoria de flujo completamente abierta o completamente cerrada hacia el tubo de desagüe 26. Las válvulas 32j y 32l estaban comprendidas por una válvula de aguja o una válvula de bola. Las válvulas 32j y 32l se accionaron por medio de un controlador (no se muestra) y se abrieron y cerraron de acuerdo con un esquema predeterminado. Además, las válvulas 32j y 32l presentaban una carga aplicada positiva que fue suficiente para producir iones de hidrógeno con el propósito de reducir el pH del fluido que las rodeaba.

Ejemplo 2

Un sistema de tratamiento de agua alineado, que se muestra de manera esquemática en la Figura 4, diseñado, operado y evaluado para su funcionamiento. El sistema de tratamiento 10 presentaba un dispositivo de electrodesionización 16 y un recipiente de almacenamiento presurizado 12. El agua, desde el punto de entrada 14, se introdujo en el recipiente de almacenamiento presurizado 12 a través de la boca de entrada 62 y se hizo circular por medio de bombas 30a y 30b y se trató a través de unidades de pretratamiento 28a y 28b y el dispositivo de electrodesionización 16. El sistema de tratamiento de agua se controló mediante un controlador programable (no se muestra) basado en la conductividad de agua medida, según los sensores 20a, 20b y 20c.

El dispositivo de electrodesionización 16 estaba comprendido por 10 pares de celdas apiladas con trayectorias de flujo que fueron de 19,05 (7,5 pulgadas) de largo y cerca de 6.35 (2,5 pulgadas) de ancho. Cada célula estaba rellena en un 40% con la resina AMBERLITE® SF 120 y en un 60% con la resina AMBERLITE® IRA 458, ambas disponibles en Rohm & Haas Company, Filadelfia, Pensilvania. El dispositivo de electrodesionización presentaba un electrodo de titanio expandido cubierto con óxido de rutenio.

El controlador era un controlador programable MICROLOGIX™ 1000, disponible en Allen-Bradley Company, Inc., Milwaukee, Wisconsin. El dispositivo de electrodesionización estaba configurado para encenderse con una señal del interruptor de flujo o cuando la conductividad del agua de la corriente de la boca de salida que abandona el recipiente presurizado fuera mayor que un valor establecido. El dispositivo de electrodesionización funcionó hasta que la conductividad alcanzó el valor establecido. La alimentación del dispositivo de electrodesionización se hizo circular desde el recipiente presurizado mediante una segunda bomba de alimentación. La polaridad del campo eléctrico aplicado al dispositivo de electrodesionización se invirtió aproximadamente cada 15 minutos. Además de controlar los componentes del dispositivo de electrodesionización 16, el PLC recolectó, almacenó y transmitió los datos medidos por los sensores 20a, 20b, 20c y 20d.

5 El recipiente presurizado 12 era un recipiente de fibra de vidrio de un diámetro de 25,4 cm (10 pulgadas) con una capacidad aproximada de 113,56 litros (30 galones). El recipiente presurizado 12 se acopló con una cabeza de válvula y una tubería colectora central. La corriente de concentrado que abandona el dispositivo de electrodesionización se hizo circular y se rechazó parcialmente a un tubo de desagüe 26 mediante las válvulas de regulación 32c, 32d, 32e, 32f y 32g. El agua de compensación, del punto de entrada 14, se alimentó a la corriente circulante para compensar cualquier cantidad de agua que hubiese sido rechazada hacia el tubo de desagüe 26. El sistema de pretratamiento comprendía una aireación de filtro de hierro con un rango de 25 micrones, un filtro de sedimento de 50,08 cm (20 pulgadas) y un filtro de bloque de carbono de 50,08 (20 pulgadas) x 10,16 cm (4 pulgadas).

10 En una dirección de flujo, el agua del recipiente de presión 12 se bombeó por la bomba 30a, desde el recipiente a presión 12 a través de la válvula 32c, hacia la unidad de pretratamiento 28a antes de introducirse en los compartimientos de agotamiento (no se muestran) del dispositivo de electrodesionización 16. El agua tratada del dispositivo de electrodesionización 16 estaba direccionada por la válvula 32f para almacenarse en el recipiente de presión 12. El fluido que recolecta las especies iónicas eliminadas se hizo circular mediante la bomba 30b través de la unidad de pretratamiento 28b, los compartimientos de concentración y de electrodo (no se muestran) del dispositivo de electrodesionización y la válvula 32e. Cuando se invirtió la dirección del campo eléctrico aplicado, las direcciones de flujo se ajustaron respectivamente para que la bomba 30a, la unidad de pretratamiento 28a, y las válvulas 32c y 32f hicieran circular el fluido, que fue acumulando especies iónicas, mientras fluía a través de los compartimientos de concentración y de electrodo del dispositivo de electrodesionización 16. De manera similar, el agua a ser tratada se bombeó desde el recipiente a presión 12 mediante la bomba 30b a través de la válvula 32d hacia la unidad de pretratamiento 28b antes de ser introducida y tratada en los compartimientos de agotamiento del dispositivo de electrodesionización 16. El agua tratada fue direccionada por la válvula 32e hacia el recipiente a presión 12.

25 La velocidad del flujo de agua tratada, según se midió con el indicador de flujo 20d, a un punto de uso 18 desde la boca de salida 64 del recipiente presurizado 12 se reguló mediante las válvulas de ajuste 32a y 32b. Para descargar el concentrado o la corriente de residuos, la válvula 32g funcionó cuando fue necesario. El agua desde el punto de entrada 14 se utilizó para restaurar y reemplazar el flujo que se descargó en el tubo de desagüe 26. La válvula 32g era una válvula de diafragma.

30 El sistema de tratamiento de agua funcionó hasta que se alcanzó un valor establecido como objetivo de aproximadamente 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y se mantuvo estable durante aproximadamente un minuto. El voltaje aplicado al dispositivo de electrodesionización fue de aproximadamente 46 voltios. Las velocidades de flujo entrante en los compartimientos de agotamiento y concentración se mantuvo en aproximadamente 4,4 litros por minuto. Se controló la velocidad de flujo de rechazo para descargar cerca de 270 ml cada aproximadamente 30 segundos. La presión en el recipiente fue de aproximadamente 103421,36 pascales (15 psig) a aproximadamente 137895.15 pascales (20 psig). Se desmontó la válvula de descarga 32g después del recorrido y se determinó que tuvo incrustaciones mínimas.

Ejemplo 3

40 Un sistema de tratamiento de agua alineado, que se muestra de manera esquemática en la Figura 5, diseñado, operado y evaluado para su funcionamiento. El sistema de tratamiento 10 presentaba un dispositivo de electrodesionización 16 y un recipiente 12. El agua, desde el punto de entrada 14, se introdujo en un recipiente a presión 12 a través de la boca de entrada 62. El agua a tratar se retiró del recipiente de almacenaje presurizado 12 y se introdujo en el dispositivo de electrodesionización 16 a través de cualquiera de las válvulas 32a o 32b. El sistema de tratamiento de agua también presentaba sistemas de pretratamiento 28a y 28b corriente arriba del dispositivo de electrodesionización 16. Las corrientes que salen del dispositivo de electrodesionización 16 se transfirieron a través de las bombas 30a y 30b hacia o bien el recipiente de almacenamiento presurizado 12 o se hicieron circular nuevamente en el dispositivo de electrodesionización 16, dependiendo del funcionamiento de las válvulas de servicio 32c y 32d. Se controló la descarga al tubo de desagüe 26 de una corriente de concentrado mediante la válvula accionadora 32e. El agua tratada se retiró del recipiente de almacenamiento presurizado 12 a través de la boca de salida 64 y se introdujo como el punto de uso 18 de producto. Se controló el sistema de tratamiento de agua mediante un controlador programable (no se muestra) basado en la conductividad de agua medida. El sistema de tratamiento de agua funcionó hasta que se logró una conductividad de aproximadamente 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se retiró el agua tratada del sistema de tratamiento de agua del recipiente de almacenamiento presurizado 12 y se suministró al punto de uso 18 a una velocidad de entre aproximadamente 41,64 litros (11 galones) a aproximadamente 52,99 litros (14 galones) aproximadamente cada 3 horas. La velocidad de flujo a través de las bombas 30a y 30b se monitorizó a través de los medidores de flujo 20a y 20b, respectivamente.

60 El dispositivo de electrodesionización 16 comprendía un par de celdas apiladas entre electrodos de óxido de rutenio de malla expandida. El dispositivo de electrodesionización 16 se configuró para que el agua tratada o el producto fluyera de los compartimientos de agotamiento a los compartimientos catódicos y para que la corriente de concentrado de los compartimientos de concentración circulara a través del compartimiento anódico. Cada celda del dispositivo de electrodesionización estaba rellena con un 40% de resina AMBERLITE® SF 120 y con un 60% de resina AMBERLITE® IRA 458, ambas disponibles en Rohm & Haas Company, Filadelfia, Pensilvania.

El controlador programable era un MICROLOGIX™ y un controlador programable 1000 disponible en Allen-Bradley Company, Inc., Milwaukee, Wisconsin.

5 Se aplicó un campo eléctrico a través del dispositivo de electrodesionización y se invirtió cada 15 minutos. El campo eléctrico aplicado a través del dispositivo de electrodesionización 16 inicialmente funcionó en aproximadamente 40 voltios y se cambió a aproximadamente 52 voltios.

El recipiente 12 era un tanque de fibra de vidrio de un diámetro aproximado de 25,4 cm (10 pulgadas) que contenía aproximadamente 64,35 litros (17 galones). La presión de alimentación del punto de entrada 14 fue de aproximadamente 206842,72 (30 psig). Las velocidades de flujo de las corrientes de dilución y de concentración se mantuvieron en aproximadamente 1,3 a aproximadamente 1,4 litros por minuto.

10 Los sistemas de pretratamiento 28a y 28b comprendían filtros de bloques de carbono de 12,7 cm (5 pulgadas) con un rango aproximado de 0,5 micrones. Además, se utilizó un sistema de pretratamiento comprendido por un filtro de profundidad y un filtro de sedimentación de 2,54 cm (1 pulgada) para eliminar particulados pesados antes de introducir el agua a ser tratada en el recipiente 12.

15 En un circuito de líquido, el agua del recipiente 12 se introdujo a través de la válvula 32a en el dispositivo de electrodesionización donde se la trató. El agua tratada volvió al recipiente 12 a través de la bomba 30a y la válvula 32c. En otro circuito de líquido, se hizo circular una corriente de concentración que fluía en un compartimento de concentración del dispositivo de electrodesionización 16 a través de la bomba 30b y se direccionó mediante válvulas 32d y 32b. En otro circuito de líquido, el agua a ser tratada se retiró de la boca de salida 64 del recipiente 12 y se introdujo en un segundo compartimento de agotamiento del dispositivo de electrodesionización 16 a través de la válvula 32b. El agua tratada que salía del dispositivo de electrodesionización 16 fue transferida de nuevo al recipiente 12 mediante la bomba 30b y la válvula 32c. Se hizo circular un cuarto circuito de líquido, que comprendía una corriente de concentración de un segundo compartimento de concentración del dispositivo de electrodesionización 16, mediante el funcionamiento de una bomba 30a y se direccionó el flujo a través de la válvula 32c, 32b y 32a.

25 El sistema de tratamiento funcionó bajo diversas condiciones y se midieron e ilustraron los parámetros operativos en las Figuras 6A, 6B, 7A, 7B, 8A y 8B. En cada una de las figuras, se varió un parámetro operativo para evaluar la eficiencia y el funcionamiento del sistema de tratamiento de agua.

30 El sistema de tratamiento de agua funcionó de manera tal que emitiera un chorro o descarga intermitente de la corriente de concentrado al tubo de desagüe 26 durante 6 segundos cada 24 segundos. El volumen descargado al tubo de desagüe fue de aproximadamente 300 mililitros por minuto. Se retiró el agua producida del recipiente 12 a una velocidad de aproximadamente 45,42 litros (12,5 galones) cada tres horas. Con un potencial eléctrico aplicado de aproximadamente 40 V, el dispositivo de electrodesionización se apagó automáticamente, después de alcanzar el valor establecido, y permaneció apagado durante 25 minutos antes de la próxima retirada de producto, al punto de uso 18. La duración del tiempo de apagado representa la eficiencia del sistema durante su funcionamiento. Las Figuras 6A y 6B muestran que bajo un potencial aplicado de aproximadamente 40V, el sistema de tratamiento de agua puede funcionar para producir agua ablandada que presente una conductividad de aproximadamente 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un rechazo del ciclo de desagüe que desagüe de manera intermitente.

40 Las Figuras 7A y 7B muestran datos operativos del sistema de tratamiento de agua operado bajo un potencial mayor de aproximadamente 52V y con un ciclo de purga de 4 segundos aproximadamente cada 26 segundos. Durante el funcionamiento, el dispositivo de electrodesionización presentó un período de apagado de aproximadamente 57 minutos. Se retiró el agua producida del recipiente 12 a una velocidad de aproximadamente 44,29 litros (11,7 galones) cada tres horas. Las Figuras 7A y 7B muestran que el sistema de tratamiento de agua puede funcionar para producir agua tratada con una disminución de la cantidad de tiempo de purga sin una reducción del rendimiento y la calidad del agua. Además, tal y como se muestra en la Figura 7B y en comparación con la FIG. 6B, la conductividad de la corriente de rechazo aumentó al mismo tiempo que aumentó la duración del tiempo de apagado. Por lo tanto, las Figuras 7A y 7B muestran que el sistema de tratamiento de agua puede funcionar para producir agua tratada con una mayor eficiencia en comparación con las condiciones operativas asociadas a las Figuras 6A y 6B.

50 Las Figuras 8A y 8B muestran la influencia de una carga aumentada sobre el sistema de tratamiento de agua. Se aumentó el volumen del producto al punto de uso 18 a aproximadamente 52,99 litros (14 galones) cada tres horas. Bajo estas condiciones operativas, la duración del tiempo de apagado del dispositivo de electrodesionización disminuyó a aproximadamente 30 minutos, tal y como se esperaba, debido a la carga aumentada. Las Figuras 8A y 8B muestran que el sistema puede funcionar incluso con una carga aumentada.

55 Aquellos expertos en la técnica apreciarán fácilmente que todos los parámetros y configuraciones descritos en el presente documento pretenden funcionar como ejemplos y que los parámetros y configuraciones reales dependerán de la aplicación específica para la que se utilicen los sistemas y métodos de la presente invención. Los expertos en la técnica reconocerán, o serán capaces de determinar utilizando la experimentación de rutina, muchos equivalentes de las realizaciones específicas de la invención descrita en el presente documento. Por ejemplo, los expertos en la

5 técnica pueden reconocer que la presente invención se puede configurar de manera que el dispositivo de electrodesionización se pueda instalar dentro del sistema de reserva cuando sea deseable hacerlo, por ejemplo cuando el espacio o volumen de instalación sea limitado debido a equipos o estructuras existentes o que se puede utilizar una demora para que el dispositivo de electrodesionización sea purgado por un período predeterminado después del apagado. Por lo tanto, se debe entender que las realizaciones anteriores se presentan sólo a modo de ejemplo y que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, la invención se puede poner en práctica de otra manera aparte de la descrita específicamente.

10 Se describió la presente invención utilizando agua como fluido, pero no debe estar limitado a ésta. Por ejemplo, donde se hace referencia al agua tratada, se cree que se pueden tratar otros fluidos de acuerdo con la presente invención. Además, donde se hace referencia a un componente del sistema, o a una etapa del método, de la presente invención que se ajusta, modifica, mide o funciona con agua o con una propiedad del agua, se cree que la presente invención también puede ser aplicable. Por lo tanto, el fluido a ser tratado puede ser un fluido que sea una mezcla que comprenda agua. Por consiguiente, el fluido puede ser un líquido que comprenda agua.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar agua que comprende:
introducir agua en un dispositivo electroquímico para producir agua tratada y una corriente de concentrado;
5 recircular al menos una porción de corriente de concentrado en un compartimiento de concentración de un dispositivo electroquímico; y
descargar una porción predeterminada de la corriente de concentrado de acuerdo con un esquema de descarga predeterminado,
10 en el que el método además comprende repetir la descarga de una porción predeterminada de la corriente de concentrado,
en el que el método además comprende la inversión de un campo eléctrico aplicado a través del dispositivo electroquímico de acuerdo con un esquema de carga predeterminado,
en el que el método además comprende medir una propiedad del agua tratada,
15 en el que el método además comprende ajustar el esquema de descarga predeterminado en base a la propiedad del agua tratada,
en el que descargar una porción predeterminada de la corriente de concentrado comprende accionar un regulador de flujo,
en el que el método además comprende aplicar una carga positiva en el regulador de flujo.
- 20 2. El método de la reivindicación 1 en el que la aplicación de una carga positiva sigue un esquema de carga predeterminado.
3. El método de la Reivindicación 2, en el que el regulador de flujo comprende una válvula.
4. El método de la Reivindicación 1 que además comprende ajustar la porción predeterminada de la corriente de concentrado en base a la propiedad del agua tratada.
5. El método de la Reivindicación 1 que además comprende calcular el LSI del agua tratada.
- 25 6. El método de la Reivindicación 5 que además comprende optimizar el esquema de descarga predeterminada en base al LSI calculado.
7. El método de la Reivindicación 1 en el que la descarga de la porción predeterminada de la corriente de concentrado comprende introducir la porción predeterminada de la corriente de concentrado en un sistema de irrigación.
- 30 8. El método de la Reivindicación 1 en el que el agua tratada producida es apropiada para aplicaciones domésticas.

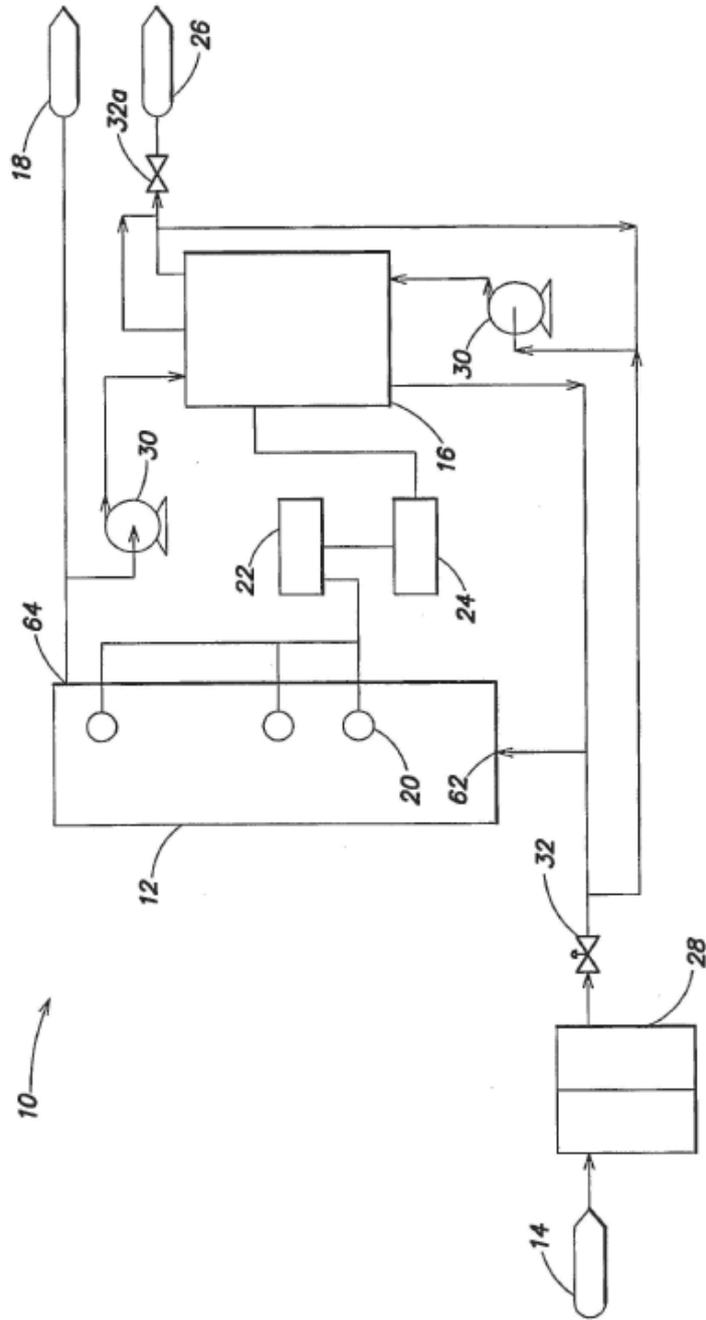


FIG. 1

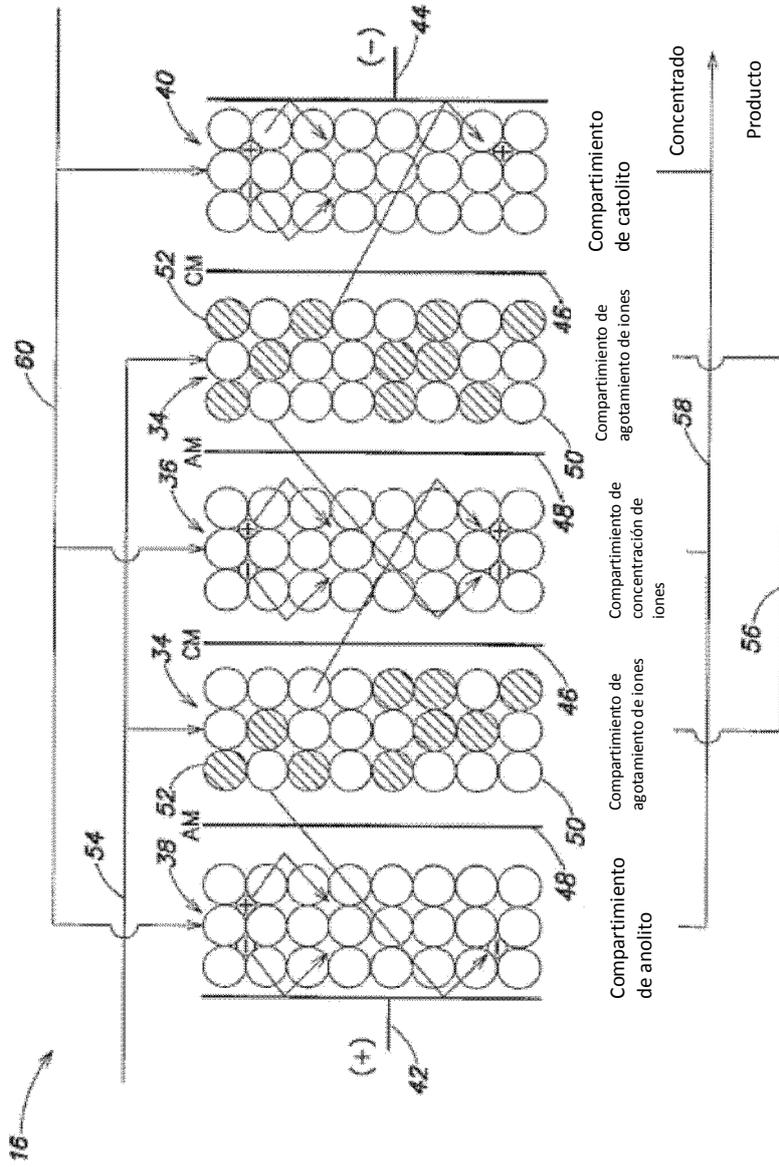


FIG. 2

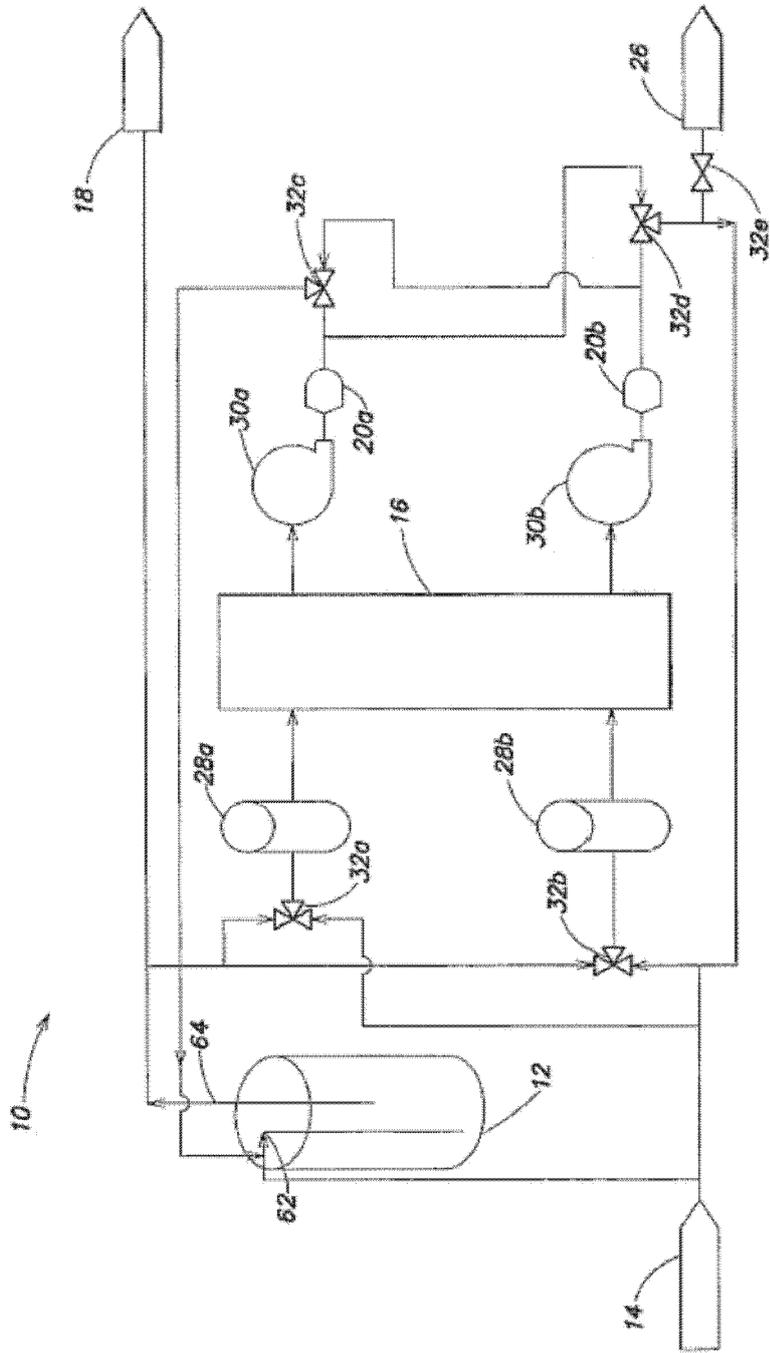


FIG. 5

25 cp producto a través de cátodo 22/02/01 40V

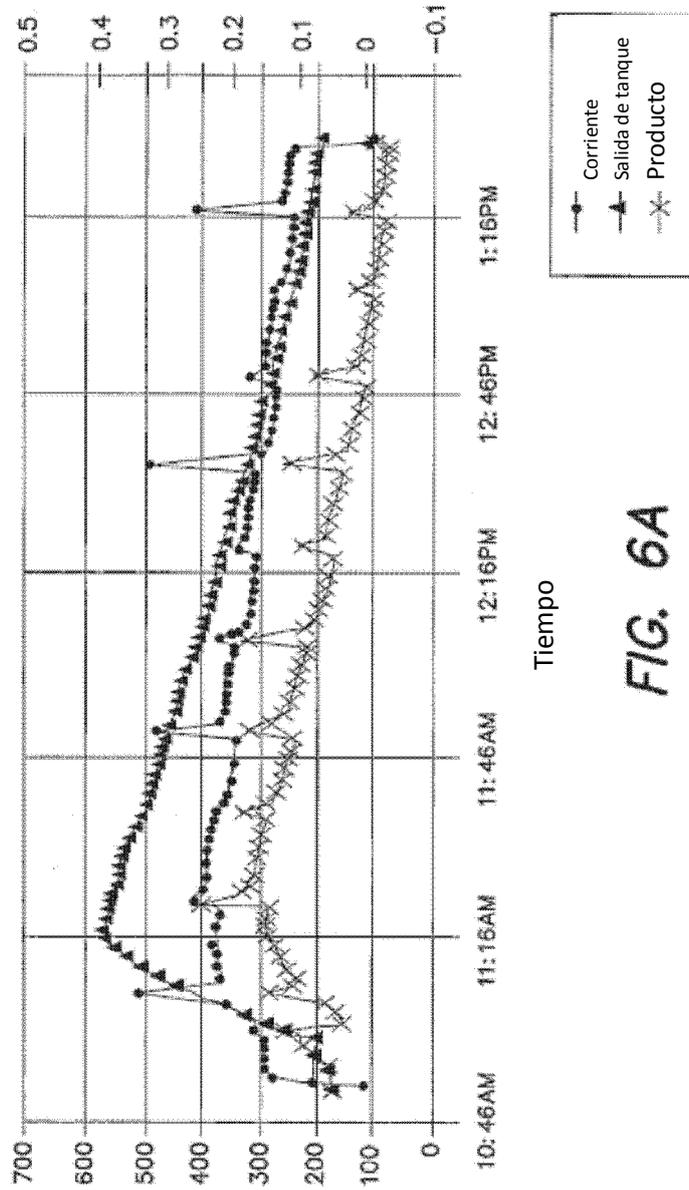


FIG. 6A

25 cp producto a través de cátodo 22/02/01 40V

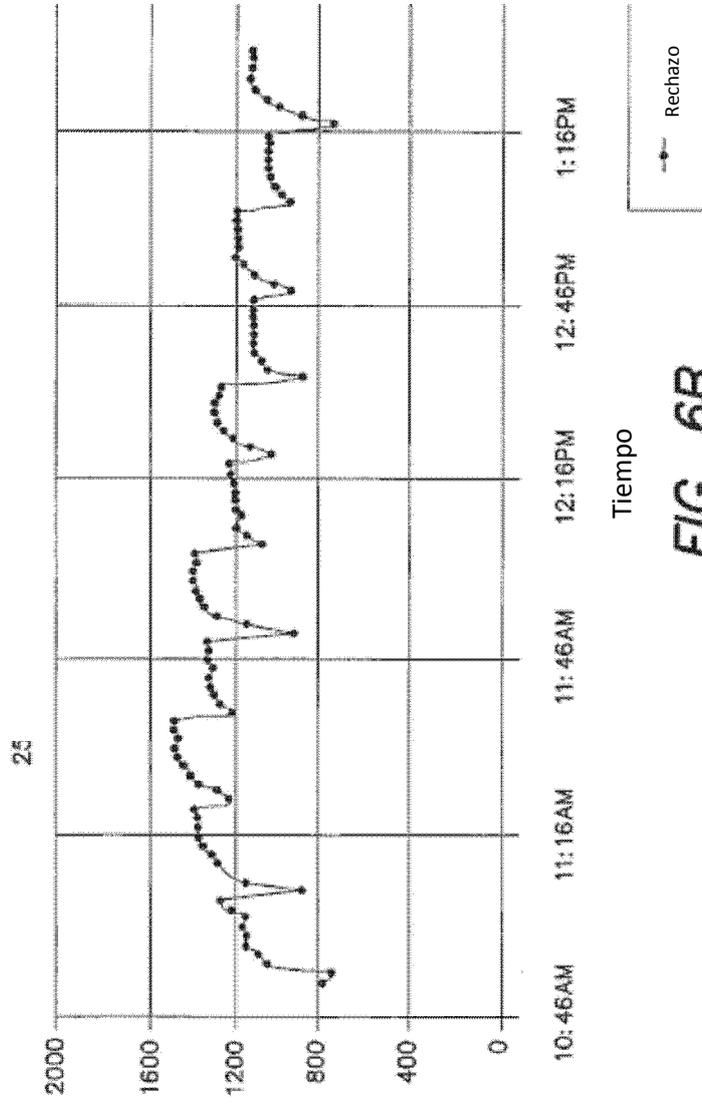
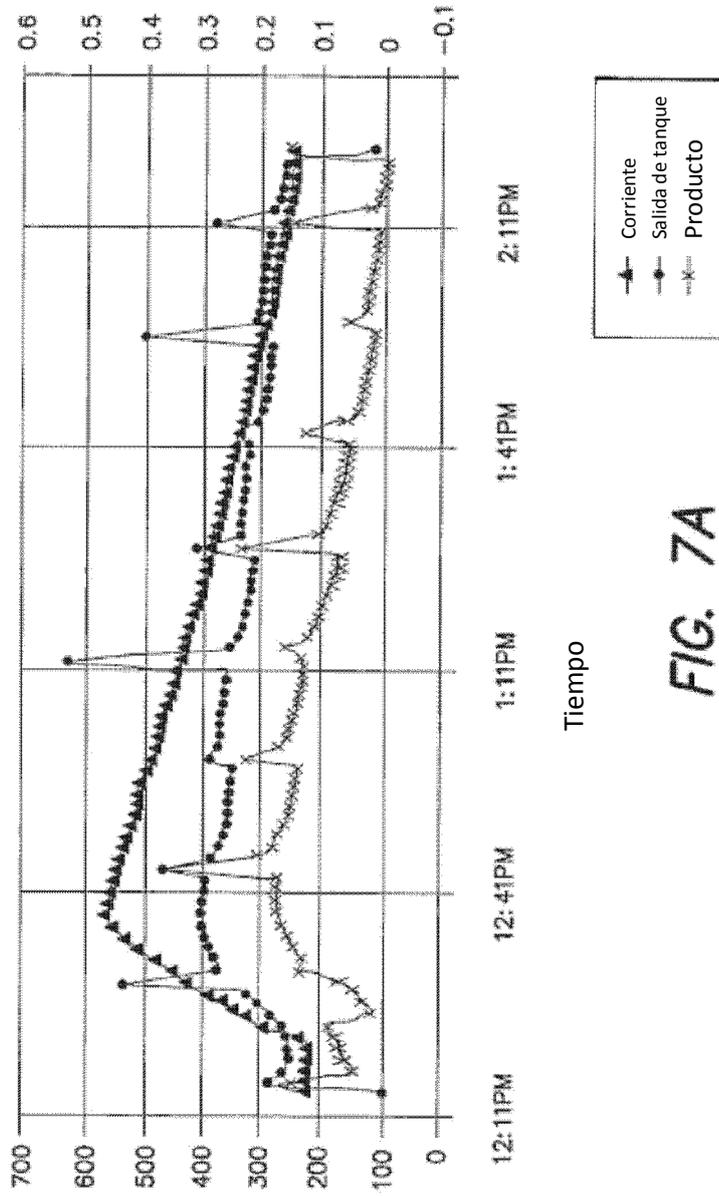


FIG. 6B

25 cp producto a través de cátodo 27/02/01 52V



Tiempo

FIG. 7A

25 cp producto a través de cátodo 27/02/01 52V

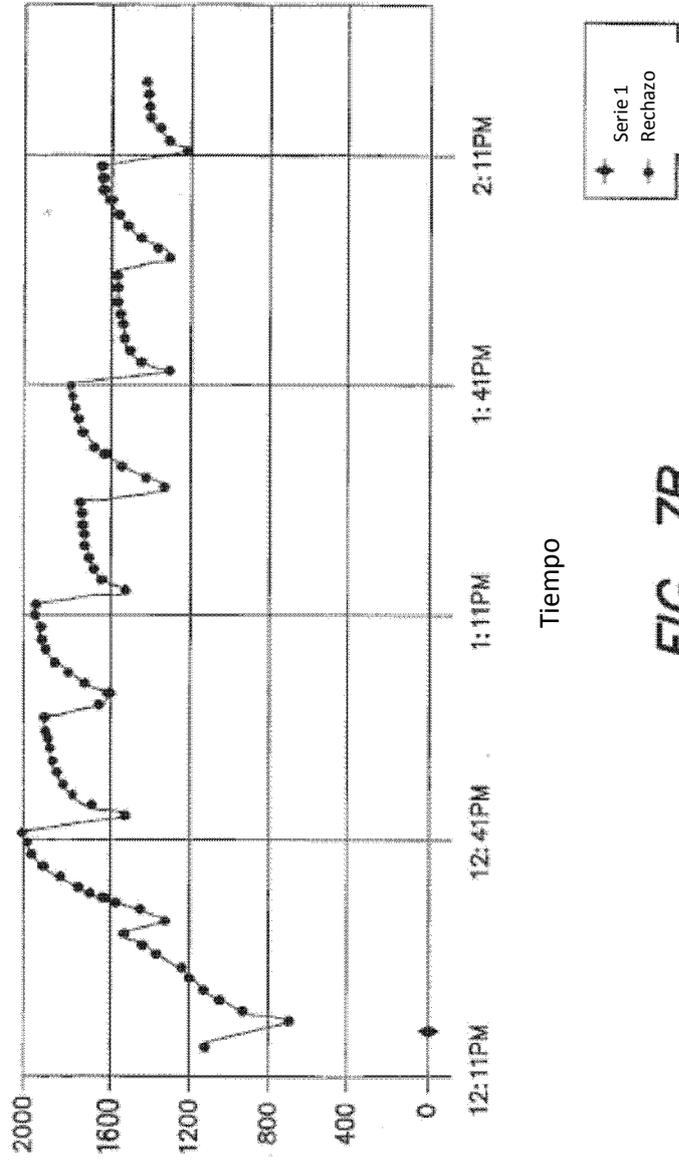


FIG. 7B

25 cp producto a través de cátodo 12/03/01 52V

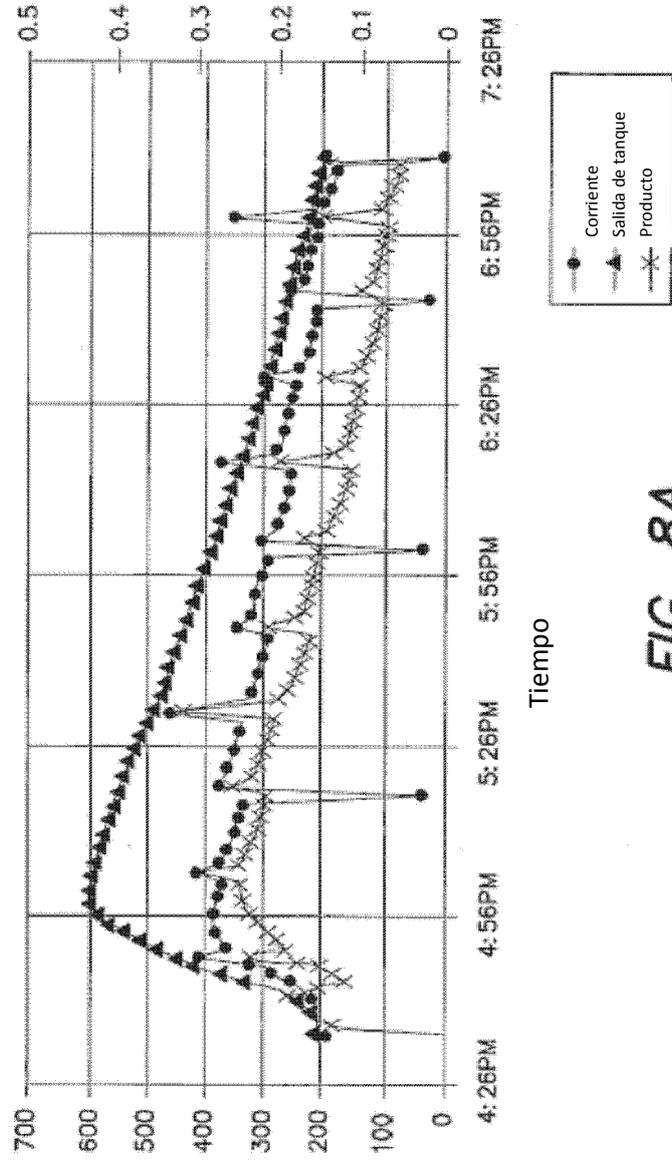


FIG. 8A

25 cp producto a través de cátodo 12/03/01 52V

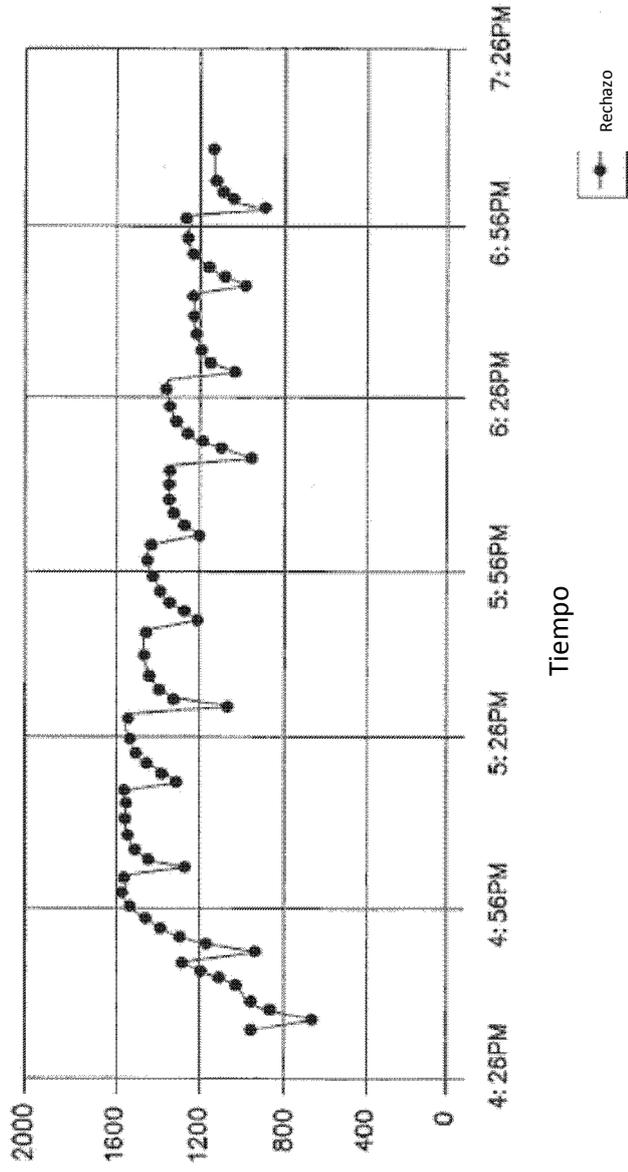


FIG. 8B