

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 953**

51 Int. Cl.:

<b>A61M 1/16</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/00</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/02</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/20</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/28</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/44</b>	(2006.01)
<b>C02F 9/00</b>	(2006.01)
<b>C02F 103/02</b>	(2006.01)
<b>F28F 3/08</b>	(2006.01)
<b>F28D 7/12</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2012 PCT/US2012/058774**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.04.2013 WO13052680**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2012 E 12838503 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2763719**

54 Título: **Purificación de líquido de intercambio de calor para un sistema de diálisis**

30 Prioridad:

**07.10.2011 US 201161545084 P**

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

**07.11.2017**

73 Titular/es:

**OUTSET MEDICAL, INC. (100.0%)  
257 Humboldt Court  
Sunnyvale, CA 94089, US**

72 Inventor/es:

**WRAZEL, JULIE;  
LINGAM, GOPI;  
MILLER, ERIK y  
HIRES, CLAYTON**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 640 953 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

Purificación de líquido de intercambio de calor para un sistema de diálisis

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos N.º de serie 61/545.084, titulada "Purificación de líquido de intercambio de calor para un sistema de diálisis" y presentada el 7 de octubre de 2011.

### Antecedentes

- 10 La presente divulgación se refiere a un sistema de diálisis, tal como un dializador de microfluidos o de campo de flujo con capacidad de acoplarse de forma fluida a una corriente de dializado y a un torrente sanguíneo, y a un método para usar el sistema de diálisis.
- 15 Actualmente, hay cientos de miles de pacientes en los Estados Unidos con enfermedad renal terminal. La mayoría de ellos requiere diálisis para sobrevivir. El sistema de datos renales de los Estados Unidos proyecta que el número de pacientes en los Estados Unidos en diálisis pasará los 600 000 en 2012. Muchos pacientes reciben tratamiento de diálisis en un centro de diálisis, lo que puede situar al paciente en un programa exigente, restrictivo y agotador. Los pacientes que reciben diálisis en el centro, normalmente deben trasladarse al centro al menos tres veces a la
- 20 semana y estar sentados en una silla durante 3 a 4 horas cada vez, mientras que las toxinas y el exceso de fluidos se filtran de su sangre. Después del tratamiento, el paciente debe esperar a que el sitio de la inyección deje de sangrar y a que la presión sanguínea vuelva a la normalidad, lo que requiere incluso más tiempo de otras actividades más gratificantes en su vida diaria. Además, los pacientes en el centro deben seguir un programa inflexible ya que, en general, el centro trata de tres a cinco cambios de pacientes durante un día. Como resultado,
- 25 muchas personas que reciben diálisis tres veces a la semana se quejan de sentirse cansados durante al menos algunas horas después de una sesión.

- Dada la naturaleza del demandante de la diálisis en centro, muchos pacientes han cambiado a la diálisis en el hogar como una opción. La diálisis en el hogar proporciona al paciente flexibilidad de programación ya que permite al
- 30 paciente elegir los tiempos de tratamiento para adaptarse a otras actividades, tales como ir al trabajo o cuidar de un miembro de la familia. Desafortunadamente, los actuales sistemas de diálisis son generalmente inadecuados para su uso en el domicilio de un paciente. Una razón de esto es que los sistemas actuales son demasiado grandes y voluminosos para adaptarlos en un domicilio típico. Los sistemas actuales de diálisis también son poco rentables energéticamente ya que usan grandes cantidades de energía y requieren enormes cantidades de agua para su uso
- 35 apropiado. Aunque se dispone de algunos sistemas domésticos de diálisis, generalmente usan una compleja tecnología de equilibrio de flujo que es relativamente costosa de fabricar y la mayoría de los sistemas se diseñan con un sistema de válvulas solenoides que crean altos niveles de ruido. Como resultado, la mayoría de los tratamientos de diálisis se realizan en centros de diálisis. El documento US 2010/326916 A1 proporciona un sistema de purificación de agua que puede emplear un sistema de intercambio de calor adaptado para pasteurizar el agua
- 40 para su uso en diálisis. El sistema de intercambio de calor de microfluidos puede estar formado por una pluralidad de láminas apiladas unas encima de otras y unidas por difusión.

### Sumario

- 45 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona el dispositivo de tratamiento de agua de la reivindicación 1.
- Se exponen aspectos adicionales de la invención en las reivindicaciones dependientes.
- 50 Deben ser evidentes otras características y ventajas a partir de la siguiente descripción de diversas realizaciones, que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de los dispositivos y métodos divulgados.

### Breve descripción de los dibujos

- 55 La figura 1 muestra una vista esquemática global de una implementación de un sistema de diálisis.
- La figura 2 muestra una vista esquemática global de una implementación de un sistema de purificación de agua del sistema de diálisis.
- 60 La figura 3 muestra una vista esquemática en planta de una implementación de un sistema de intercambio de calor de microfluidos adaptado para calentar y enfriar un único fluido sin el uso de una segunda corriente de fluido para añadir calor o eliminar calor del fluido.
- La figura 4 muestra una vista esquemática global de una implementación de un sistema de preparación de
- 65 dializado del sistema de diálisis.

La figura 5 es una vista esquemática en sección transversal de una implementación de un dializador de sistema de diálisis.

La figura 6 muestra una vista esquemática de una implementación de un sistema de equilibrio de flujo.

La figura 7A muestra una realización ejemplar de una lámina de entrada que forma al menos una trayectoria de entrada donde el líquido fluye en una dirección hacia dentro a través del sistema de intercambio de calor.

La figura 7B muestra una realización ejemplar de una lámina de salida que forma al menos una trayectoria de salida donde el líquido fluye en una dirección hacia fuera a través del sistema de intercambio de calor.

La figura 7C muestra una realización ejemplar que tiene lámina de entrada y de salida superpuestas.

La figura 8 muestra una vista global de una región de calentamiento de la lámina de entrada.

La figura 9 muestra una vista en perspectiva de un apilamiento de láminas 805 ejemplar.

La figura 10 muestra una vista en planta de otra realización de un apilamiento de láminas superpuestas tiene una arquitectura aislante.

La figura 11 muestra una realización de una lámina que tiene un par de regiones de intercambio de calor.

La figura 12 muestra una realización de una lámina que tiene un flujo de líquido que discurre en espiral alrededor de una región de intercambio de calor.

### Descripción detallada

En este documento se divulgan pequeños sistemas portátiles de peso ligero que tienen la capacidad de proporcionar de forma fiable, reproducible, muy eficaz y relativamente barata una fuente de agua purificada de suficientes volúmenes para diálisis en el hogar. Además, los sistemas divulgados en este documento requieren mucha menos agua purificada en cualquier momento que los volúmenes normalmente necesarios para la diálisis actualmente, reduciendo adicionalmente de ese modo el gasto de funcionamiento del sistema en el hogar. Además, los sistemas descritos en este documento son capaces de producir agua ultra pura a demanda y a tiempo real para diálisis, la norma de oro de la diálisis actual. En este documento se divulgan sistemas de purificación de agua en línea que no son discontinuos que usan un intercambiador de calor de microfluidos para calentar, purificar y enfriar agua. Los sistemas descritos en este documento consumen cantidades relativamente bajas de energía. Los sistemas descritos en este documento, aunque son adecuados para su uso en un sistema doméstico de diálisis, pueden usarse en otros entornos donde se desea purificación de agua. Los sistemas también pueden usarse para purificar líquidos diferentes al agua. Como se describirá en más detalle a continuación, los sistemas descritos en este documento pueden conectarse a una fuente doméstica de agua (tal como un grifo de agua corriente para proporcionar una corriente continua o semicontinua del hogar de agua) y pueden producir agua pasteurizada a tiempo real para su uso en diálisis en el hogar, sin la necesidad de calentar y de enfriar grandes cantidades discontinuas de agua.

### Sistema de diálisis

La figura 1 muestra una vista esquemática global de una implementación de un sistema de diálisis. El sistema de diálisis puede incluir una pluralidad de subsistemas que funcionan colectivamente para recibir y purificar agua, usar el agua para preparar dializado y suministrar el dializado a un dializador que realiza diversos tipos de diálisis sobre la sangre de un paciente tal como hemodiálisis, ultrafiltración y hemodiafiltración. El sistema de diálisis puede incluir conductos que proporcionan trayectorias de líquido para que el agua, la diálisis y la sangre fluyan a través del sistema de diálisis, así como una o más bombas que entran en contacto con los conductos para dirigir el flujo de líquido a través del sistema. El sistema de diálisis también puede incluir uno o más detectores, tales como detectores de flujo de líquidos, detectores de presión, detectores de conductividad, etc. para detectar e informar de una o más características del líquido que fluye a través del sistema.

En una realización, el sistema completo de diálisis (incluyendo el sistema de preparación y de purificación de agua, el sistema de preparación de dializado, el sistema de equilibrio de flujo, el dializador y el equipo, tal como los conductos y los detectores) está contenido dentro de una única carcasa que es compacta y portátil. Además, el sistema de diálisis puede preparar el dializado usando agua corriente, tal como en una habitación del hogar o de un hotel. En una realización, el sistema completo de diálisis consume al menos de aproximadamente 55,88 cm por 35,56 cm por 22,86 cm (22" por 14" por 9") de espacio cuando está seco, lo que generalmente corresponde al límite de tamaño para un equipaje de mano de una aerolínea. En una realización, el sistema completo de diálisis peso menos de aproximadamente 22,68 kg (cincuenta libras) cuando está seco.

Con referencia aún a la figura 1, el sistema de diálisis puede incluir un sistema de preparación y de purificación de agua 5 que purifica agua de un suministro de agua 7. El sistema de purificación de agua 5 puede suministrar el agua

purificada a un sistema de preparación de dializado 10 que usa el agua purificada para preparar el dializado. El sistema de diálisis puede incluir adicionalmente un dializador 15 que recibe el dializado del sistema de preparación de dializado 10 y realiza diálisis sobre la sangre de un paciente. En una realización, el dializador 15 y el sistema de preparación de dializado 10 pueden entrar en contacto ambos con un sistema de equilibrio de flujo 20 que regula el flujo de dializado al dializador para conseguir diferentes tipos de diálisis, incluyendo hemodiálisis, ultrafiltración y hemodiafiltración, como se describe en detalle a continuación.

La difusión es el mecanismo principal en que la hemodiálisis elimina los productos residuales tales como urea, creatinina, fosfato y ácido úrico, entre otros, de la sangre. Un diferencial entre la composición química del dializado y la composición química de la sangre dentro del dializador causa que los productos residuales difundan a través de una membrana desde la sangre al dializado. La ultrafiltración es un proceso en la diálisis donde se causa que el líquido se mueva a través de la membrana a través de la sangre al dializado, típicamente con el fin de eliminar el exceso de líquido del torrente sanguíneo del paciente. Junto con el agua, algunos solutos también se extraen a través de la membrana mediante convección en lugar de difusión. La ultrafiltración es un resultado de un diferencial de presión entre un compartimento de sangre y un compartimento de dializado en el dializador donde el líquido se mueve desde una presión mayor hasta una presión menor. En algunas circunstancias, mediante el diseño o una consecuencia no intencionada, el líquido en el compartimento de dializado es mayor que en el compartimento de sangre lo que causa que el líquido se mueva desde el compartimento de dializado al compartimento de sangre. Esto se menciona habitualmente como ultrafiltración inversa.

En hemodiafiltración, se crea un alto nivel de ultrafiltración, mayor que la cantidad requerida para eliminar líquido de la sangre del paciente, con el fin de aumentar el transporte convectivo de solutos a través de la membrana. La cantidad de líquido en exceso de lo que se requiere eliminar de la sangre del paciente, por lo tanto, debe devolverse al torrente sanguíneo para evitar una reacción hemodinámica adversa. Esto se consigue aumentando intencionadamente la presión en el compartimento de dializado del dializador para causar la cantidad apropiada de ultrafiltración inversa. Este proceso de ultrafiltración que alterna con ultrafiltración inversa a menudo se menciona como "hemodiafiltración de contrafase". Esta es una mejora significativa sobre los métodos más comunes de hemodiafiltración donde se administra el líquido estéril al paciente en una localización fuera del dializador.

En uso, el paciente se acopla al dializador 15, de modo que la sangre del paciente fluye dentro y fuera del dializador 15 usando dispositivos y técnicas conocidos para los expertos en la materia. El sistema de diálisis prepara el dializado usando agua de la fuente doméstica de agua, tal como un grifo, que se ha preparado previamente a través de filtración y de purificación antes de mezclarse con diversos componentes del dializado para preparar el dializado, y después fluye el dializado a través del dializador en comunicación con la sangre de modo que se realiza uno o más de los procesos de diálisis sobre la sangre. El sistema de purificación de agua incluye una pluralidad de subsistemas que funcionan colectivamente para purificar el agua incluyendo pasteurización del agua, como se describe más completamente a continuación. El agua purificada después se mezcla con los concentrados del dializado para formar el dializado, que se suministra al dializador 15 y al sistema de equilibrio de flujo, que regula el flujo de dializado al dializador 15 para conseguir selectivamente diferentes tipos de diálisis, incluyendo hemodiálisis, ultrafiltración y hemodiafiltración, como se describe más completamente a continuación. El sistema de diálisis suministra el dializado usado a un drenaje 25. En una realización, el sistema vuelve a capturar el calor del dializado usado antes de ir al drenaje.

#### Subsistemas del sistema de diálisis

Ahora se describen realizaciones de los diversos subsistemas del sistema de diálisis, incluyendo el sistema de purificación de agua 5, el sistema de preparación de dializado 10, el dializador 15 y el sistema de equilibrio de flujo 20. Debe apreciarse que las descripciones son ejemplos de implementaciones y que son posibles variaciones.

#### *A. Subsistema de purificación de agua*

La figura 2 muestra una vista esquemática global del sistema de purificación de agua 5. El sistema de purificación de agua 5 incluye una pluralidad de subsistemas y/o de componentes, cada uno de los cuales está representado esquemáticamente en la figura 2. Aunque se describe en el contexto de purificación de agua, el sistema de purificación de agua 5 puede usarse para purificar líquidos diferentes al agua. El agua entra en el sistema de purificación de líquidos en una localización de entrada 105 (desde el suministro de agua 7 en la figura 1) y comunica con cada uno de los subsistemas y componentes según fluye el agua a lo largo de una trayectoria de flujo hacia el sistema de preparación de dializado 10. Los subsistemas pueden incluir, por ejemplo, un sistema de filtro de sedimentos 115, un sistema de filtro de carbono 120, un sistema de osmosis inversa 125, un sistema de ultrafiltración 130, un sistema de calentamiento auxiliar 135, un sistema de desgasificación 140 o una combinación de los mismos.

Tras salir del sistema de purificación de líquidos 5 y antes de entrar en el sistema de preparación de dializado 10, el líquido está en un estado purificado. Esto incluye preferiblemente que el líquido esté en un estado pasteurizado, aunque el sistema de líquidos no pasteurice necesariamente el líquido en todas las circunstancias. La realización mostrada en la figura 2 es ejemplar y no todos los componentes mostrados en la figura 2 se incluyen

necesariamente en el sistema de purificación de agua 5. Los componentes individuales incluidos en el sistema pueden variar dependiendo del tipo y del nivel de purificación o de pasteurización necesario. La cantidad y el orden secuencial de los subsistemas a lo largo de la trayectoria de flujo mostrada en la figura 2, son a modo de ejemplo y debe apreciarse que son posibles variaciones.

5 Ahora se describe un método para purificar agua usando el sistema de purificación de líquidos 5, incluyendo una descripción de una trayectoria de flujo de líquidos a través del sistema. Como se menciona, el agua puede entrar en el sistema de purificación de agua 5 a través de una localización de entrada 105. La localización de entrada puede incluir una válvula de tres vías que puede establecer que el agua entrante se reciba desde una de al menos dos  
10 fuentes de agua. Una de dichas fuentes de agua puede ser un grifo de agua del hogar. Como alternativa, la válvula puede establecerse para recibir agua reciclada que se ha guiado previamente a través del sistema de purificación de agua 5 y que se está re-guiando de nuevo al sistema tal como para purgar el sistema. Cuando la válvula se establece para recibir agua reciclada, el agua reciclada puede sortear uno o más de los subsistemas según fluye a través del sistema de purificación de agua 5.

15 Cuando la válvula se establece para recibir agua del grifo de agua del hogar, el agua entrante primero puede fluir a través de al menos un sistema de filtrado de sedimentos 115, que incluye uno o más filtros de sedimentos que filtran los sedimentos del agua que fluye a través de los mismos. En una realización, el filtro de sedimentos 115 elimina la materia particulada hasta 5 micrómetros o incluso 1 micrómetro. Puede situarse un detector de presión anterior al  
20 filtro o filtros de sedimentos y también puede situarse un detector de presión posterior al filtro o filtros de sedimentos para controlar las condiciones de flujo. Además, la trayectoria de flujo puede incluir uno o más reguladores de presión configurados para regular la presión de líquidos para conseguir un caudal deseado a través del sistema. El regulador o los reguladores pueden usarse para compensar un grifo del hogar que tiene un caudal que está por encima o por debajo de un intervalo deseado.

25 El agua entonces puede fluir a través de un sistema de filtro de carbono 120, que puede incluir uno o más filtros de carbono que filtran materiales tales como agentes químicos orgánicos, cloro y cloroaminas del agua. En una realización, el sistema de filtro de carbono 120 incluye dos filtros de carbono con un acceso de muestra situado en la trayectoria de flujo entre los filtros de carbono. El acceso de muestra proporciona a un operario acceso al agua que  
30 fluye a través del sistema, tal como con fines de control de calidad. En una realización, al menos un detector de presión y al menos un detector de conductividad están situados en la trayectoria de flujo tras el sistema de filtro de carbono 120. El detector de conductividad proporciona una indicación en cuanto al porcentaje de sólidos disueltos eliminados del agua. Además, puede situarse una o más bombas en diversas localizaciones a lo largo de la trayectoria de flujo de agua tal como entre los subsistemas de filtro.

35 El agua puede fluir desde el sistema de filtro de carbono 120 hasta un sistema de osmosis inversa 125 configurado para eliminar las partículas del agua debido al procedimiento de osmosis inversa. El sistema 125 de osmosis inversa puede eliminar más del 95 % de los sólidos totales disueltos del agua. El sistema de osmosis inversa 125 puede tener dos salidas incluyendo una salida de agua residual 126 y una salida de agua pura 127. La salida de agua residual 126 produce agua residual desde el sistema de osmosis inversa 125. El agua residual puede guiarse de  
40 vuelta a una localización anterior de la trayectoria de agua para volver a entrar en el sistema de osmosis inversa 125. A este respecto, un detector tal como un detector de conductividad puede estar localizado anterior al sistema de osmosis inversa 125 como un medio de verificación de los contenidos del agua. Como alternativa, la salida de agua residual 126 puede suministrar el agua residual a un drenaje.

45 El sistema de filtro de sedimentos 115, el sistema de filtro de carbono 120 y el sistema de osmosis inversa 125 forman de forma colectiva una fase de preprocesamiento que elimina la mayoría de los sólidos disueltos, la contaminación por bacterias y la contaminación química, si la hay, del agua. El agua, por lo tanto, está en un estado algo macro purificado según sale de la fase de preprocesamiento. Por tanto, la fase de preprocesamiento suministra  
50 agua relativamente limpia a la bomba o bombas posteriores y también a un sistema de intercambio de calor 110 posterior que pasteuriza el agua. La fase de preprocesamiento puede reducir o eliminar la potencial acumulación de incrustaciones y la corrosión durante el calentamiento del agua por el sistema de intercambio de calor 110.

55 Puede situarse uno o más sistemas de desgasificación 140 en la trayectoria de flujo anterior y/o posterior al sistema de intercambio de calor 110 para eliminar el gas que ha entrado del agua. El sistema de desgasificación 140 puede incluir cualquier de una diversidad de componentes adaptados para eliminar el gas que ha entrado del agua. Por ejemplo, los sistemas de desgasificación 140 pueden incluir una cámara de pulverización y un colector de burbujas.

60 Después de que el agua pase la fase de preprocesamiento, el agua puede fluir a través de una bomba 150 que bombea el agua al sistema de intercambio de calor 110 (HEX). El sistema de intercambio de calor 110 puede calentar el agua hasta una temperatura que consigue la pasteurización del agua. En una realización, el sistema de intercambio de calor 110 es un sistema de intercambio de calor de microfluidos. Las realizaciones de los sistemas de intercambio de calor de microfluidos se describen en detalle en la solicitud de patente de Estados Unidos n.º de serie  
65 12/795.382, presentada el 7 de junio de 2010 y la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2010/0326916, presentada el 7 de junio de 2010.

La bomba 150 puede usarse para aumentar la presión del agua hasta un nivel mayor que la presión de saturación encontrada en el sistema de intercambio de calor 110. Esto evita el cambio de fase del agua dentro del sistema de intercambio de calor 110. Por tanto, si la temperatura máxima alcanzada en el sistema de intercambio de calor 110 es de 150 grados Celsius donde el agua tendría una presión de saturación conocida para un experto en la materia, la presión del agua que proviene de la bomba excedería la presión de saturación en un cierto margen de seguridad, tal como 68,94 kPa (10 psi), para asegurar que no se produce cambio de fase. La bomba puede aumentar la presión del agua hasta un nivel que está en o excede la presión de saturación para asegurar la ausencia de ebullición localizada. Esto puede ser importante cuando el sistema de intercambio de calor se usa para pasteurizar agua y el agua se expone a altas temperaturas que pueden ser mayores de 128 grados Celsius, es decir, muy por encima del punto de ebullición del agua a presión atmosférica.

Después de abandonar el sistema de intercambio de calor 110 el agua puede pasar a una válvula de estrangulación 160, tal como limitador de flujo, que mantiene la presión a través de la trayectoria de agua desde la bomba 150 hasta la salida del sistema de intercambio de calor 110. La válvula de estrangulación 160 y la bomba 150 pueden controlarse y ajustarse para conseguir un caudal y una configuración de presión deseada. La bomba 150 y la válvula de estrangulación 160 pueden comunicarse entre sí en un sistema de bucle cerrado para asegurar que se mantiene la presión requerida para el caudal y temperatura deseados. Puede situarse uno o más detectores de temperatura y/o detectores de flujo a lo largo de la trayectoria de flujo posterior al sistema de intercambio de calor para su uso en el control de la bomba 150 y la válvula de estrangulación 160.

Después de que el agua abandone la válvula de estrangulación 160, puede pasar a un sistema de ultrafiltración (UF) 130 que elimina las macromoléculas y todas o sustancialmente todas las bacterias muertas eliminadas por el proceso de pasteurización del agua para asegurar que no permanecen endotoxinas en el agua antes de mezclar el dializado. La presencia de macromoléculas puede ser perjudicial para el proceso de diálisis. El agua entonces puede pasar a través del sistema de calentamiento 135 que puede calentar, si es necesario o se desea, el agua hasta una temperatura deseada, tal como hasta la temperatura corporal normal (37 °C [98,6 grados Fahrenheit]). Desde el sistema de calentamiento 135, el agua puede pasar al sistema de preparación de dializado 10.

En una realización, se sitúa un segundo sistema de intercambio de calor en la trayectoria de flujo anterior al sistema de calentamiento 135. El segundo sistema de intercambio de calor puede usarse para enfriar adicionalmente el agua que proviene del sistema de intercambio de calor 110 en el caso de que el agua esté por encima de una temperatura deseada predeterminada, tal como 37 grados Celsius. El segundo sistema de intercambio de calor puede conectarse a una fuente diferente de agua fría que entonces actúa como agente de refrigeración o puede conectarse al agua rechazada del sistema de osmosis inversa 125. El segundo sistema de intercambio de calor puede usarse en entornos donde la fuente de agua produce agua muy caliente y/o cuando el sistema de intercambio de calor 110 es incapaz de enfriar el agua suficientemente para su uso en diálisis.

#### *B. Intercambio de calor de microfluidos*

Como se analiza anteriormente, el sistema de purificación de agua 5 puede emplear un sistema de intercambio de calor 110 que está adaptado para pasteurizar el agua. La figura 3 muestra una vista en planta esquemática de una realización del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110, que está configurado para conseguir la pasteurización de un líquido (tal como agua) que fluye a través del sistema de intercambio de calor de microfluidos sin la necesidad de una segunda corriente de líquido para añadir calor o eliminar calor del líquido. La figura 3 es esquemática y debe apreciarse que son posibles variaciones en la configuración real de la trayectoria de flujo, tal como el tamaño y la forma de la trayectoria de flujo. Se describen realizaciones de los sistemas de intercambio de calor de microfluidos en detalle en la solicitud de patente de Estados Unidos n.º de serie 12/795.382, presentada el 7 de junio de 2010 y la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2010/0326916, presentada en junio de 2010.

Como se describe más completamente a continuación, el sistema de intercambio de calor de microfluidos define una trayectoria de flujo de líquidos que puede incluir (1) al menos una entrada de líquido; (2) una región de calentamiento donde el líquido entrante se calienta hasta una temperatura de pasteurización a través de al menos un calentador; (3) una cámara de residencia donde el líquido permanece en o por encima de la temperatura de pasteurización durante al menos un periodo de tiempo predeterminado; (4) una sección de intercambio de calor donde el líquido entrante recibe calor del líquido saliente más caliente (respecto al fluido entrante), y el líquido saliente se enfría según transfiere calor al líquido entrante; y (5) una salida de líquido donde el líquido saliente sale en un estado pasteurizado enfriado. Dependiendo de la temperatura deseada del líquido saliente, pueden usarse uno o más intercambiadores de calor adicionales posteriores para ajustar la temperatura real del líquido saliente hasta la temperatura deseada para su uso, por ejemplo, en diálisis. Esto es especialmente cierto en climas más cálidos, donde el agua entrante puede estar decenas de grados por encima del agua suministrada en climas más fríos, que provocará temperaturas de salida mayores de lo que puede desearse salvo que se aplique refrigeración adicional.

En una realización, la trayectoria de flujo está al menos parcialmente formada de uno o más microcanales, aunque el uso de campos de flujo de microfluidos como se divulga a continuación a partes de la trayectoria del flujo de líquido tal como la sección de intercambio de calor también está dentro del alcance de la invención. Las dimensiones

relativamente reducidas de un microcanal potencian las tasas de transferencia de calor del sistema de intercambio de calor proporcionando una longitud de trayectoria de difusión y cantidad de material reducidos entre las trayectorias de contracorriente en el sistema. En una realización, un microcanal tiene al menos una dimensión menor de aproximadamente 1000  $\mu\text{m}$ . Las dimensiones de un microcanal pueden variar y generalmente se diseñan para conseguir características deseadas de transferencia de calor. Un microcanal en el intervalo de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1 mm en diámetro hidráulico generalmente consigue un flujo de líquido laminar a través del microcanal, particularmente en una región de intercambio de calor del microcanal. El tamaño pequeño de un microcanal también permite que el sistema de intercambio de calor 110 sea compacto y de peso ligero. En una realización, los microcanales se forman en una o más láminas que están dispuestas en una configuración apilada.

La trayectoria de flujo del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 puede disponerse en una configuración de trayectoria de contracorriente. La trayectoria de flujo puede disponerse de modo que el líquido entrante más frío fluya en comunicación térmica con el líquido saliente más caliente. El líquido saliente más caliente transfiere energía térmica al líquido entrante más frío para ayudar a los calentadores a calentar el líquido entrante hasta la temperatura de pasteurización. Este precalentamiento interno del líquido entrante hasta una temperatura mayor que su temperatura en la entrada reduce la cantidad de energía usada por los calentadores hasta alcanzar la temperatura máxima deseada. Además, la transferencia de energía térmica del líquido saliente al líquido entrante causa que el líquido saliente calentado previamente se enfríe antes de salir a través de la salida de líquidos. Por tanto, el líquido se "enfría" según entra en el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110, después se calienta (primero mediante intercambio de calor y después mediante los calentadores) según pasa a través de la trayectoria de líquidos internos y se "enfría" una vez más según sale del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110. El líquido puede entrar en el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 a una primera temperatura y se calienta (mediante el intercambiador de calor y mediante los calentadores) hasta una segunda temperatura que es mayor que la primera temperatura. Según el líquido sigue una trayectoria de salida, el líquido (a la segunda temperatura) transfiere calor al líquido entrante de modo que el líquido cae hasta una tercera temperatura que es inferior a la segunda temperatura y que es mayor que la primera temperatura.

Las realizaciones ejemplares de una trayectoria de líquido y los componentes correspondientes del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 se describen ahora en más detalle con referencia a la figura 3, que representa un intercambiador de calor de tipo bayoneta, con la entrada y la salida en un lado del dispositivo, una parte de intercambio de calor central y una sección de calentamiento hacia el extremo opuesto. El líquido puede entrar en el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 a través de una entrada 282. En la realización ilustrada, la trayectoria de flujo puede ramificarse en uno o más microcanales de flujo entrante 284 que están situados en una disposición contracorriente con un microcanal de flujo saliente 286. Según se menciona, el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 puede formarse por un apilamiento de láminas estratificadas. Los microcanales de flujo entrante 284 pueden situarse en capas diferentes con respecto a los microcanales de flujo saliente 286 de modo que los microcanales de flujo entrante 284 estén situados por encima o por debajo de los microcanales de flujo saliente 286 de un modo intercalado. En otra realización, los microcanales de flujo entrante 284 y los microcanales de flujo saliente 286 están situados en una única capa.

El microcanal de flujo saliente 286 puede comunicarse con una salida 288. En la realización ilustrada, la entrada 282 y la salida 288 están colocadas en el mismo extremo del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110, aunque la entrada 282 y la salida 288 también pueden estar situadas en diferentes posiciones una respecto a la otra. La disposición contracorriente sitúa los microcanales de flujo entrante 284 en comunicación térmica con el microcanal de flujo saliente 286. A este respecto, el líquido en los microcanales de flujo entrante 284 puede fluir a lo largo de un vector direccional que está orientado aproximadamente 180 grados a un vector direccional de flujo de líquido de los microcanales de flujo saliente 286. Los microcanales de flujo entrante y flujo saliente también pueden estar en una configuración de flujo cruzado donde el líquido en los microcanales de flujo entrante 284 puede fluir a lo largo de un vector direccional que está orientado entre aproximadamente 180 grados a aproximadamente 90 grados respecto a un vector direccional de flujo de líquido en los microcanales de flujo saliente 286. La orientación de los microcanales de flujo entrante respecto a los microcanales de flujo saliente puede variar de cualquier modo que esté configurado para conseguir el grado deseado de comunicación térmica entre los microcanales de flujo entrante y flujo saliente.

Pueden situarse uno o más calentadores 292 en comunicación térmica con al menos los microcanales de flujo entrante 284 de modo que los calentadores 292 puedan proporcionar calor al líquido que fluye en el sistema. Los calentadores 292 pueden situarse dentro de los microcanales de flujo entrante 284 de modo que el líquido debe fluir alrededor de múltiples lados de los calentadores 292. O los calentadores 292 pueden situarse al lado de los microcanales de flujo entrante 284 de modo que el fluido fluye a lo largo de un lado de los calentadores 292. En cualquier caso, los calentadores 292 pueden transferir calor al líquido suficiente para causar que la temperatura del líquido consiga una temperatura deseada, que puede incluir una temperatura de pasteurización en el caso de agua a purificar. En una realización, el líquido es agua y los calentadores 292 ayudan a calentar el líquido hasta una temperatura de al menos 100 grados Celsius a presión atmosférica estándar. En una realización, el líquido es agua y los calentadores 292 ayudan a calentar el líquido hasta una temperatura de al menos 120 grados Celsius. En una realización, el líquido es agua y los calentadores 292 ayudan a calentar el líquido hasta una temperatura de al menos 130 grados Celsius. En una realización, el líquido es agua y los calentadores 292 ayudan a calentar el líquido

hasta una temperatura de al menos 138 grados Celsius. En otra realización, el líquido es agua y se calienta hasta una temperatura en el intervalo de aproximadamente 138 grados Celsius hasta aproximadamente 150 grados Celsius. En otra realización, el líquido se calienta hasta la temperatura más alta posible sin conseguir la vaporización del líquido.

5 Por tanto, el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 puede mantener el líquido como un líquido de una fase. Como el agua típicamente cambia de fase de estado líquido a gaseoso a aproximadamente 100 grados Celsius, el sistema de intercambio de calor puede presurizarse de modo que el agua de calentamiento a las temperaturas establecidas anteriormente se mantenga en líquido de una fase todo el tiempo. Presiones por encima de la presión de saturación, correspondientes a la temperatura más alta en el sistema de intercambio de calor, son suficientes para mantener el líquido en un estado líquido. Como margen de seguridad, la presión puede mantenerse a 68,94 kPa (10 psi) o mayor por encima de la presión de saturación. En una realización, la presión del agua en el sistema de intercambio de calor de microfluidos se mantiene mayor de 485 kPa para evitar la ebullición del agua y puede mantenerse significativamente en exceso de ese nivel, tal como 620 kPa o incluso tan alta como 900 kPa, para asegurar que no se produce ebullición. Estas presiones pueden mantenerse en el sistema de intercambio de calor usando una bomba y una válvula de estrangulación. Una bomba anterior al sistema de intercambio de calor y una válvula de estrangulación posterior al sistema de intercambio de calor pueden usarse cuando la bomba y la válvula de estrangulación funcionan en una configuración de control de bucle cerrado (tal como con detectores) para mantener la presión y el caudal deseados en todo el sistema de intercambio de calor.

20 Una vez se ha calentado el líquido hasta la temperatura de pasteurización, el líquido puede pasar a una cámara de residencia 294 donde el líquido permanece calentado a o por encima de la temperatura de pasteurización durante una cantidad predeterminada de tiempo, mencionada como "tiempo de residencia", o a veces mencionada como "tiempo de permanencia". En una realización, el tiempo de permanencia puede ser de menos de o igual a un segundo, entre uno y dos segundos, o de al menos aproximadamente dos segundos dependiendo de la longitud de la trayectoria de flujo y el caudal del líquido. Temperaturas mayores son más eficaces para eliminar las bacterias y tiempos más cortos de residencia significan un dispositivo más compacto. La pasteurización a temperatura ultraelevada, que está diseñada para eliminar todas las unidades formadoras de colonias (UFC) de organismos microbiológicos de 0,1 UFC/ml hasta una concentración de menos de  $10^6$  UFC/ml (tal como para purificar el agua para su uso con dializado infundible), se define a conseguir cuando el agua se calienta hasta una temperatura de 30 138 grados Celsius a 150 grados Celsius durante un tiempo de permanencia de al menos aproximadamente dos segundos. El dializado ultrapuro tiene una carga bacteriana no mayor de 0,1 UFC/ml. La tabla 1 (mostrada en las figuras adjuntas) indica la temperatura y el tiempo de residencia requeridos para conseguir diversos niveles de pasteurización. El sistema de intercambio de calor descrito en este documento está configurado para conseguir los diversos niveles de pasteurización mostrados en la tabla 1.

El líquido puede entonces fluir desde la cámara de residencia 294 hasta el microcanal de flujo saliente 286, donde fluye hacia la salida de fluidos 288. Como se menciona, el microcanal de flujo saliente 286 puede situarse en una relación contracorriente con el microcanal de flujo entrante 284 y en comunicación térmica con el microcanal de flujo entrante 284. De esta manera, el líquido saliente (que fluye a través del microcanal de flujo saliente 286) comunica de forma térmica con el líquido entrante (que fluye a través del microcanal de flujo entrante 284). Según el líquido calentado fluye a través del microcanal de flujo saliente 286, la energía térmica del líquido calentado se transfiere al líquido más frío que fluye a través del microcanal de flujo entrante 284 adyacente. El intercambio de energía térmica provoca la refrigeración del líquido desde su temperatura de la cámara de residencia según fluye a través del microcanal de flujo saliente 286. Además, el líquido entrante se precalienta mediante el intercambio de calor según fluye a través del microcanal de flujo entrante 284 antes de alcanzar los calentadores 292. En una realización, el líquido en el microcanal de flujo saliente 284 se enfría hasta una temperatura que es no inferior a la temperatura más baja posible que imposibilita la infestación bacteriana del líquido. Cuando el sistema de intercambio de calor pasteuriza el líquido, las bacterias en el líquido hasta el nivel deseado de purificación se mueren según el líquido sale del sistema de intercambio de calor. En dicho caso, la temperatura del líquido después de salir del sistema de intercambio de calor puede mantenerse a temperatura ambiente ante de su uso en diálisis. En otra realización, el líquido que sale del sistema de intercambio de calor se enfría hasta una temperatura a o por debajo de la temperatura corporal normal.

55 Aunque se muestra una realización en la figura 3 que tiene un canal de salida emparedado entre un canal de flujo entrante, son posibles otras disposiciones de los canales para conseguir los grados deseados de calentamiento y enfriamiento y necesidades energéticas de los calentadores. Común a todas las realizaciones, sin embargo, es que todas las trayectorias de líquido dentro del sistema están diseñadas para ser recorridas por un único líquido, sin la necesidad de un segundo líquido para añadir calor o eliminar calor del único líquido. En otras palabras, el líquido único depende de sí mismo, en diversas posiciones en la trayectoria de líquido, para calentarse y enfriarse por sí mismo.

Las dimensiones del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 pueden variar. En una realización, el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 es suficientemente pequeño para mantenerse en la mano de un usuario. En otra realización, el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 es un único cuerpo que pesa menos de 2,26 kg (5 libras) cuando está seco. En otra realización, la parte 350 de intercambio de calor de

microfluidos del sistema 110 global tiene un volumen de aproximadamente 0,016 l (una pulgada cúbica). Las dimensiones del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 pueden seleccionarse para conseguir características deseadas de temperatura y tiempo de permanencia.

- 5 Como se menciona, una realización del sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 se compone de múltiples unidades laminares apiladas una encima de otra para formar capas de láminas. La trayectoria del flujo de líquido de microfluidos deseada puede grabarse en la superficie de cada lámina de modo que, cuando las láminas se apilan una encima de otra, se formen canales de microfluidos o campos de flujo entre las láminas. Además, puede usarse tanto grabado ciego como grabado profundo para formar los canales en las láminas. En particular, el grabado profundo permite que el líquido cambie el plano de las láminas y se mueva a otras capas del apilamiento de láminas. Esto se produce en una realización en la salida de las láminas de flujo entrante donde el líquido entra en la sección de calentamiento, como se describe a continuación. El grabado profundo permite que todas las láminas alrededor de la sección de calentamiento participen en el calentamiento del líquido en lugar de mantener el líquido solamente en el plano de las láminas de entrada. Esta realización proporciona más área superficial y menor velocidad global del líquido para facilitar el calentamiento del líquido hasta la temperatura necesaria y finalmente contribuye a la eficacia del dispositivo.

- 20 Los microcanales o campos de flujo derivados del grabado ciego y/o profundo de las láminas forman las trayectorias de flujo de líquidos. Los microcanales y campos de flujo descritos en este documento pueden estar formados al menos parcialmente de uno o más campos de flujo de microfluidos como se divulga en la solicitud de patente de Estados Unidos n.º de serie 2/795.382, presentada el 7 de junio de 2010 y la publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2010/0326916, presentada el 7 de junio de 2010.

- 25 La figura 7A muestra una vista en planta de una realización de una lámina de entrada 305 que forma al menos una trayectoria de entrada donde el líquido fluye en una dirección hacia el interior (que se representa por las flechas 307) a través del sistema de intercambio de calor 110. La figura 7B muestra una vista en planta de una realización de una lámina de salida 310 que forma al menos una trayectoria de salida donde el líquido fluye en una dirección hacia el exterior (que se representa por las flechas 312) a través del sistema de intercambio de calor 110. La trayectoria de entrada y la trayectoria de salida pueden incluir cada una uno o más microcanales. En algunas realizaciones, la trayectoria de entrada y de salida incluye una pluralidad de microcanales dispuestos en relación paralela.

- 35 Las figuras 7A y 7B muestran las láminas 305 y 310 situadas adyacentes entre sí, aunque en el dispositivo ensamblado las láminas están apiladas una encima de otra en una configuración intercalada. La figura 7C muestra la lámina de entrada 305 y la lámina de salida 310 superpuestas una sobre la otra mostrando tanto la trayectoria de entrada como la trayectoria de salida. La lámina de entrada 305 y la lámina de salida 310 pueden estar apiladas una encima de la otra con un conducto de líquidos entre ellas de modo que el líquido puede fluir a través del conducto desde la trayectoria de entrada hasta la trayectoria de salida, como se describe más completamente a continuación. Cuando están apiladas, puede interponerse una capa de transferencia entre la lámina de entrada 305 y la lámina de salida 310. La capa de transferencia está configurada para permitir la transferencia de calor del líquido en la trayectoria de salida al líquido en la trayectoria de entrada. La capa de transferencia puede ser cualquier material capaz de conducir el calor de un líquido a otro líquido a una tasa suficiente para la aplicación deseada. Los factores relevantes incluyen, sin limitación, la conductividad térmica de la capa 110 de transferencia de calor, el grosor de la capa de transferencia y la tasa deseada de transferencia de calor. Los materiales adecuados incluyen, sin limitación, metal, aleación de metal, cerámica, polímero o compuestos de los mismos. Los metales adecuados incluyen, sin limitación, acero inoxidable, hierro, cobre, aluminio, níquel, titanio, oro, plata o estaño, y aleaciones de estos metales. El cobre puede ser un material particularmente deseable. En otra realización que no es parte de la invención reivindicada, no hay capa de transferencia entre las láminas de entrada y salida y las propias láminas sirven como capa de transferencia térmica entre las trayectorias de flujo.

- 50 La lámina de entrada 305 y la lámina de salida 310 incluyen ambas al menos una abertura de entrada 320 y al menos una abertura de salida 325. Cuando la lámina de entrada 305 y la lámina de salida 310 están apiladas una encima de la otra y apropiadamente alineadas, las aberturas de entrada 320 se alinean para formar colectivamente una trayectoria de líquido que se extiende a través del apilamiento y comunica con la trayectoria de entrada de la lámina de entrada 305, como se muestra en la figura 7C. Asimismo, las aberturas de salidas 325 también se alinean para formar colectivamente una trayectoria de líquido que comunica con la trayectoria de salida de las láminas de salida 310. Cualquier cantidad de láminas de entrada y láminas de salida puede apilarse para formar múltiples capas de trayectorias de entrada y salida para el sistema de intercambio de calor 110. La cantidad de capas puede seleccionarse para proporcionar características predeterminadas al sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 tal como para variar la cantidad de intercambio de calor en el líquido, el caudal del líquido capaz de manipularse por el sistema, etc. En una realización, el sistema de intercambio de calor 110 consigue caudales de líquido entrante de al menos 100 ml/min.

- 65 Con referencia de nuevo a la figura 7A, la trayectoria de entrada y la trayectoria de salida incluyen cada una, una región de intercambio de calor. Estas regiones de intercambio de calor se mencionan colectivamente usando el número de referencia 350 e individualmente usando el número de referencia 350a (para la trayectoria de entrada) y el número de referencia 350b (para la trayectoria de salida). Las regiones de intercambio de calor 350 son las

localizaciones donde el líquido más frío (respecto al líquido en la trayectoria de salida) de la trayectoria de entrada recibe calor transferido del líquido más caliente (respecto al líquido en la trayectoria de entrada) de la trayectoria de salida. Como se analiza anteriormente, el líquido relativamente más frío en la trayectoria de flujo entrante se sitúa para que fluya en comunicación térmica con el líquido relativamente más caliente en la trayectoria de flujo saliente.

5 En esta realización estratificada, la trayectoria de flujo entrante está situada inmediatamente por encima (o por debajo) de la trayectoria de flujo saliente cuando las láminas están apiladas. El calor se transfiere a través de la capa de transferencia desde el líquido en la trayectoria de flujo saliente hasta el líquido en la trayectoria de flujo entrante como resultado del diferencial de temperatura entre el líquido en la trayectoria de flujo entrante y el líquido en la trayectoria de flujo saliente y la conductividad térmica del material que separa las dos trayectorias. De nuevo en  
10 lugar de incluir una serie de microcanales, las regiones de intercambio de calor también pueden incluir un campo de flujo de microfluidos como se describe anteriormente.

Con referencia aún a la figura 7A, el líquido en la trayectoria de flujo entrante fluye a una región de calentamiento 355 desde la región de intercambio de calor 350. Puede situarse una pluralidad de pasadores 357 en la trayectoria  
15 de flujo de entrada entre la región de intercambio de calor 350 y la región de calentamiento 355 (véase también la figura 8). Los pasadores 357 alteran el flujo de líquido y promueven la mezcla, que puede mejorar tanto el flujo de líquidos como la distribución de calor. En una realización, la trayectoria de flujo entrante se bifurca en al menos dos trayectorias de flujo en la región de calentamiento 355 para acomodar un caudal deseado. Como alternativa, puede utilizarse solamente una trayectoria de flujo a través de la región de calentamiento, o pueden seleccionarse tres o  
20 más trayectorias de flujo. La región de calentamiento 355 incluye uno o más calentadores 220 que se comunican de forma térmica con el líquido que fluye a través de esta región, pero están aislados herméticamente de la trayectoria de flujo. Los calentadores 220 añaden calor al líquido entrante suficiente para elevar la temperatura del líquido hasta la temperatura deseada, que puede incluir una temperatura de pasteurización. El líquido entrante se precalentó previamente según fluía a través de la región de intercambio de calor 350. Esto redujo de forma ventajosa las necesidades de energía de los calentadores. La región de calentamiento 350 sirve tanto como región donde el calentador 220 calienta el líquido y también como una cámara de residencia donde el líquido permanece caliente o  
25 por encima de la temperatura deseada durante una cantidad predeterminada de tiempo. La trayectoria de flujo de líquido puede rodear completamente cada uno de los calentadores 220 de modo que cualquier material de relleno que conduce el calor desde el calentador 220 puede tener líquido fluyendo sobre el mismo para recibir el calor, minimizando de ese modo la pérdida de calor al entorno. Además, las trayectorias de flujo alrededor de cada calentador 220 pueden ser relativamente estrechas de modo que se evite el calentamiento no uniforme debido a la separación de los calentadores 220.

Las láminas en el apilamiento pueden incluir grabados profundos en localizaciones de entrada 505 a la región de calentamiento 355 de modo que el líquido que entra en la región de calentamiento 355 pueda pasar a través de  
35 todas las láminas en el apilamiento. El grabado profundo permite que todas las láminas alrededor de la región de calentamiento 355 participen en el calentamiento del líquido en lugar de mantener el líquido solamente en el plano de las láminas de entrada. Esto proporciona mayor área superficial entre el líquido y los calentadores 220 y también proporciona una velocidad inferior del líquido global para facilitar el calentamiento del líquido hasta la temperatura requerida.  
40

Como se menciona, la trayectoria de flujo entrante puede bifurcarse en múltiples trayectorias de flujo. Cada trayectoria puede incluir uno o más calentadores 220 dispuestos dentro de la trayectoria para maximizar o aumentar  
45 de otro modo la cantidad de contacto de área superficial entre los calentadores 220 y el líquido que fluye a través de las trayectorias. A este respecto, los calentadores 220 pueden estar situados hacia el centro de la trayectoria de modo que el líquido deba fluir alrededor de cada lado de los calentadores 220 a lo largo de una trayectoria semicircular o curvilínea de otro modo alrededor de los calentadores 220. Los calentadores 220 pueden variar en su configuración. En una realización, los calentadores 220 son calentadores de cartucho convencionales con un diámetro de 3,17 mm (1/8 pulgadas) que pueden discurrir en una realización a una tasa combinada entre  
50 aproximadamente 70 000 y 110 000 W/m<sup>2</sup>, que provoca usos de energía de menos de 100 W en una realización y menos de 200 W en otra realización, para el apilamiento completo que discurre a aproximadamente 100 ml/min. En una realización, el sistema usa seis calentadores en una configuración de tres calentadores por trayectoria de flujo donde cada calentador usa aproximadamente 70 W para un caudal de 100 ml/min. En una realización, el líquido se ve forzado a fluir alrededor de los calentadores en trayectorias de 1,6 mm de ancho. Los calentadores 220 puede  
55 incluir un calentador de cartucho McMaster-Carr de 150 W (modelo 3618K451).

Con referencia de nuevo a la figura 7A, la trayectoria de flujo entrante sufre una transición desde la sección de calentamiento 355 hasta la cámara de residencia 360. En el momento en que el líquido fluye a la cámara de residencia 360, se ha calentado hasta la temperatura deseada, tal como la temperatura de pasteurización, como  
60 resultado de la transferencia de calor en la región de intercambio de calor 350 y/o calentándose en la sección de calentamiento 350. En el caso de múltiples láminas que están apiladas, la cámara de residencia 360 puede ser una única cámara que abarca todas las capas de láminas en el apilamiento de modo que el líquido de cada lámina de entrada fluye a un único volumen de líquido en la cámara de residencia 360. La cámara de residencia 360 está configurada de modo que se eliminan los "atajos" de flujo de líquido, todo el líquido se fuerza a recorrer una  
65 trayectoria de flujo de modo que ninguna parte del líquido residirá en la cámara de residencia 360 durante menos de la duración deseada a un caudal especificado y el líquido se mantiene a o por encima de la temperatura de

pasteurización mientras dure el tiempo (es decir, el tiempo de permanencia) que el líquido está dentro de la cámara de residencia 360. De hecho, el tiempo de residencia es un resultado de las dimensiones de la trayectoria de flujo a través del área de residencia y el caudal. Por tanto, será evidente para los expertos en la materia el modo de diseñar una trayectoria de residencia para una duración deseada.

5 Con referencia de nuevo a la figura 7B, la trayectoria de salida pasa entre los calentadores 220, que actúan como aislantes para que el líquido disminuya la probabilidad de que el líquido pierda calor en esta fase de la trayectoria de flujo. El líquido calentado de la trayectoria de salida entonces fluye hacia la región de intercambio de calor 350b. La trayectoria de flujo de salida se expande antes de alcanzar la región de intercambio de calor 350b. Una serie de  
10 ventiladores de expansión 367 dirige el líquido a la región de intercambio de calor expandida 350b de la trayectoria de salida, donde el líquido se comunica de forma térmica con el líquido de refrigeración en la trayectoria de flujo entrante. Como se analiza, el calor del líquido en la trayectoria de flujo saliente más caliente transfiere el líquido más frío a la trayectoria de flujo entrante. Esto provoca la refrigeración del líquido de flujo saliente y el calentamiento del líquido de flujo entrante. El líquido entonces fluye desde la región de intercambio de calor 350b hasta la abertura de  
15 salida 325. En esta fase, el líquido está en un estado pasteurizado enfriado.

La anchura de las nervaduras que separan los canales en la parte de intercambio de calor puede reducirse, lo que tendría el efecto de aumentar el área disponible de transferencia de calor y reducir la longitud de la parte de intercambio de calor necesaria para el nivel deseado de eficacia energética del dispositivo. Pueden conseguirse  
20 niveles de eficacia energética de al menos aproximadamente un 85 % y, en alguna realización, de al menos aproximadamente un 90 %, lo que significa que un 90 % de la energía térmica del líquido saliente puede transferirse a la corriente de líquido entrante y volver a capturarse sin pérdidas.

Como se menciona, el sistema de intercambio de calor de microfluidos 110 puede formarse de una pluralidad de láminas apiladas una encima de otra y unidas por difusión. Se proporciona información adicional respecto a la unión por difusión por las publicaciones de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2008/0108122 y 2009/0092526. En una realización, el apilamiento incluye múltiples series de láminas incluyendo cada serie una lámina de entrada 305 yuxtapuesta con una lámina de salida 310. Cada serie de láminas de entrada y láminas de salida yuxtapuestas forma una única unidad de intercambio de calor. El apilamiento de láminas, por lo tanto, puede incluir una pluralidad  
30 de unidades de intercambio de calor donde cada unidad está formada de una lámina de entrada 305 acoplada a una lámina de salida 310. Las trayectorias de flujo para cada lámina pueden formarse por grabados sobre la superficie de la lámina, tal como por grabado en un lado solamente de cada lámina. Cuando las láminas están yuxtapuestas, el lado grabado de una lámina se sella contra el lado no grabado de una lámina vecina adyacente. Esto puede proporcionar condiciones deseables para el intercambio de calor y la separación del líquido entrante (que no está  
35 pasteurizado) y el líquido saliente (que está pasteurizado).

La figura 9 muestra una vista en perspectiva de un apilamiento de láminas 805. El apilamiento 805 se muestra en sección transversal parcial a diversos niveles del apilamiento incluyendo en una lámina de salida más superior 310, una lámina de entrada a nivel medio 305a y una lámina de entrada de nivel inferior 305b. Como se menciona, el apilamiento 805 está formado de láminas de entrada y láminas de salida alternas intercaladas entre sí. Los calentadores 220 están situados dentro de recortes que se extienden a través del apilamiento 805 completo a través de todas las láminas en el apilamiento 805. La cámara de residencia 360 y las aberturas de entrada 320 y aberturas de salida 325 alineadas también se extienden completamente a través del apilamiento 805. Las láminas también pueden incluir uno o más orificios 810 que se alinean cuando las láminas están apiladas para formar ejes a través de los cuales pueden insertarse postes de alineamiento. Las láminas se apilan de una manera que consigue un alineamiento apropiado de las láminas. Por ejemplo, cuando se apilan apropiadamente, las aberturas de entrada 320 de todas las láminas se alinean para formar colectivamente un paso de entrada para que el líquido fluya al sistema y las aberturas de salida 325 se alinean para formar colectivamente un paso de salida, como se muestra en la figura 9. El apilamiento alineado apropiadamente de láminas también puede incluir uno o más bases para acoplar los calentadores 220 en el apilamiento. Pueden usarse uno o más elementos para ayudar a la alineación apropiada de las láminas en el apilamiento, tal como postes de alineamiento y/o indicadores visuales de alineamiento apropiado. El apilamiento puede incluir una tapa superior situada sobre la lámina más superior y una tapa inferior situada en la lámina más inferior.

55 Los sistemas de diálisis conocidos en la técnica pueden ser relativamente ineficaces energéticamente y requerir grandes cantidades de energía para el uso apropiado, que limita su uso en diálisis en el hogar. El sistema de intercambio de calor 110 descrito en este documento puede tener una arquitectura aislante que evita la pérdida de calor del agua que pasa a través del mismo tal como al entorno exterior. Por tanto, el consumo global de energía se reduce o minimiza y los sistemas se optimizan para su uso en diálisis en el hogar.

60 En algunas realizaciones, el apilamiento 805 de láminas del sistema de intercambio de calor 110 incluye una envoltura de aislamiento externo. El apilamiento 805 también puede encajonarse en aislamiento para prevenir la pérdida de calor al entorno exterior. En otras realizaciones, el apilamiento 805 puede incluir uno o más canales aislantes 812 que pueden evitar o inhibir la pérdida de calor desde una o más regiones del campo de flujo. Como se muestra en la figura 10, el canal aislante 812 puede estar formado por uno o más recortes que se extienden cada uno a través de una lámina respectiva en el apilamiento. Los recortes pueden situarse de modo que se alineen de  
65

forma vertical entre sí con las láminas que están apropiadamente apiladas una encima de otra. De esta manera, los recortes forman colectivamente una cámara que se extiende a través de y por todas las láminas en el apilamiento. En algunas realizaciones, el método de formación del apilamiento que provoca la adhesión de las láminas ente sí puede producir la formación de un vacío parcial en el canal 812. El vacío puede potenciar las propiedades aislantes del canal 812. La cámara sirve como aislante que evita o inhibe la pérdida de calor de la trayectoria de líquido. A este respecto, la cámara puede tener el tamaño y la forma adecuados para extenderse alrededor del perímetro completo o de una parte del perímetro de la trayectoria de líquido. Por ejemplo, el canal puede extenderse a lo largo de al menos 4, 3, 2 o 1 lado de la trayectoria de flujo. En diversas realizaciones, el canal se extiende en aproximadamente un 50, 60, 70, 80, 90 o 95 por ciento de un perímetro de la trayectoria de flujo.

Los canales pueden tener cualquiera de una diversidad de formas configuradas para rodear una parte de la trayectoria de flujo completa. Por ejemplo, en la realización mostrada en la figura 10, cada canal 812 está formado por tres segmentos rectos que forman colectivamente una forma de "U" sustancial alrededor de tres lados de las trayectorias de flujo. Los segmentos no tienen que ser rectos, sino que también podrían estar curvados. En otra realización, se usa una pluralidad de canales 812 donde cada canal individual rodea justo una parte del campo de flujo y la pluralidad de canales rodea colectivamente una mayoría de las trayectorias de flujo. La figura 11 muestra otra realización de las láminas que incluye un par de regiones de intercambio de calor 350 que se alimentan del líquido de una entrada 320. Las láminas pueden incluir dos o más regiones de intercambio de calor 350 que están rodeadas colectiva o individualmente por los canales 812 que sirven para aislar las regiones de intercambio de calor. En otra realización más, mostrada en la figura 12, las regiones de intercambio de calor 350 tienen una configuración en espiral y están rodeadas por un canal en espiral de forma similar 812. El canal 812 sirve para aislar las regiones de intercambio de calor 350.

Cualquiera de los volúmenes o trayectorias de líquido dentro del apilamiento 805 puede estar rodeado por uno o más de los canales 812. En algunas realizaciones, al menos la región de intercambio de calor 350 está sustancialmente rodeada por uno o más de los canales 812. En otra realización, al menos la región de calentamiento 355 está sustancialmente rodeada por uno o más de los canales 812. O al menos la cámara de residencia 360 está sustancialmente rodeada por uno o más de los canales 812. En otras realizaciones, la región de intercambio de calor 350, la región de calentamiento 355 y la cámara de residencia 360 están rodeadas sustancialmente por uno o más de los canales 812. Los canales 812 pueden estar llenos de un material o pueden estar vacíos. En el apilamiento ensamblado de láminas, los canales están encerrados a lo largo de los lados por las propias láminas y encerrados en la parte superior e inferior por una o más placas de modo que los canales forman colectivamente una cámara encerrada que rodea al menos parcialmente las trayectorias de líquido de las láminas. Tras el uso del sistema, los diferenciales de presión dentro del sistema pueden causar que se evacúe aire o cualquier otro líquido de los canales 812 de modo que se forma un vacío o vacío parcial. El vacío actúa aislando las trayectorias de flujo del entorno exterior, que evita o inhibe la pérdida de calor y finalmente reduce el consumo de energía del sistema.

#### C. Subsistema de preparación de dializado

El agua está en un estado pasteurizado según sale del sistema de purificación de agua 5 y fluye al sistema de preparación de dializado 10. El sistema de preparación de dializado 10 está configurado para mezclar el agua pasteurizada con un suministro de soluciones de concentrado para preparar el dializado. La figura 4 muestra una vista esquemática global del sistema de preparación de dializado 5. La realización de la figura 4 es ejemplar y debe apreciarse que hay variaciones dentro del alcance de la divulgación.

El sistema de preparación de dializado 10 puede incluir una bomba de ácido 170 que comunica de forma fluida con un suministro de concentrado de dializado acidificado concentrado para su mezcla con el agua purificada. El agua puede fluir desde el sistema de purificación de agua 5 hasta la bomba de ácido 170, que bombea el concentrado de ácido en el agua. El agua (mezclada con el ácido) entonces puede fluir a una primera cámara de mezcla 172, que está configurada para mezclar el agua con el ácido tal como causando flujo turbulento. Desde la primera cámara de mezcla 172, la mezcla de ácido-agua puede fluir hacia una bomba de bicarbonato 174. Un detector, tal como un detector de conductividad, puede estar situado posterior a la primera cámara de mezcla 172. El detector de conductividad está configurado para detectar un nivel de electrolitos en la mezcla. El detector de conductividad también puede estar en una comunicación de bucle cerrado con la bomba de ácido 170 y un sistema de control que puede regular la velocidad de la bomba de ácido para conseguir un nivel deseado de bombeo de ácido al agua.

La bomba de bicarbonato 174 puede bombear concentrado de bicarbonato a la mezcla de ácido-agua a un nivel suficiente para formar el dializado. La mezcla resultante de líquido fluye a una segunda cámara de mezcla 177 y sale de la segunda cámara de mezcla 177 como un dializado. Otro detector, tal como un detector de conductividad, puede estar situado posterior a la segunda cámara de mezcla 172. El segundo detector de conductividad puede estar en una comunicación de bucle cerrado con la bomba de bicarbonato 177. El dializado entonces puede fluir hacia el sistema de equilibrio de flujo y el dializador.

#### D. Subsistema dializador

La figura 5 es una vista esquemática en sección transversal del dializador 15, que define un compartimento de

sangre que tiene una trayectoria de flujo de sangre 205 y un compartimento de dializado que tiene una trayectoria de flujo de dializado 210 separadas por una capa de transferencia comprendida de una membrana semipermeable 215. En una realización, el dializador incluye una o más trayectorias de microfluidos tales como campos de microflujo y/o microcanales. Se describen realizaciones ejemplares de dializadores que utilizan campos de microflujo y/o microcanales y/o dializadores de campo de flujo en la publicación de patente de Estados Unidos n.º 2010/0326914, presentada el 7 de junio de 2010. Sin embargo, el sistema de diálisis puede usarse con cualquiera de una diversidad de dializadores incluyendo una diversidad de dializadores disponibles en el mercado.

La sangre (de un paciente) puede entrar en la trayectoria de flujo de sangre 205 a través de una entrada de sangre 216, fluye a través de la trayectoria de flujo de sangre 205 y sale a través de la salida de sangre 217. El dializado puede entrar en la trayectoria de flujo de dializado 210 a través de una entrada de líquidos 218, fluye a través de la trayectoria de flujo de dializado 210 y sale a través de una salida de líquidos 219. La membrana semipermeable 215 está configurada para permitir la transferencia de una o más sustancias de la sangre en la trayectoria de flujo de sangre 205 al dializado en la trayectoria de flujo de dializado 210 o viceversa.

Algunos ejemplos de materiales que pueden usarse como membrana semipermeable 215 incluyen polímeros, copolímeros, metales, cerámica, compuestos y/o membranas líquidas. Un ejemplo de una membrana compuesta es membrana compuesta de polisulfona-celulosa nanocrystalina tal como membranas de lámina plana AN69 disponibles en Gambro Medical. También pueden emplearse membranas de contacto de gas-líquido para transferir una sustancia entre un líquido y un gas tal como para la oxigenación de la sangre, por lo que la membrana permite la transferencia de dióxido de carbono y oxígeno, de modo que se transfiere oxígeno a la sangre desde el oxígeno o el aire enriquecido con oxígeno, y se transfiere dióxido de carbono de la sangre al gas. También pueden emplearse membranas líquidas. Las membranas líquidas pueden incluir una lámina que tiene microcanales con cortes totales que contienen líquido y un primer y un segundo soporte de membrana situados para contener líquido en los microcanales.

Cuando fluye a través del dializador 15, la sangre y el dializado pueden fluir en una configuración contracorriente donde la sangre fluye a través de la trayectoria de flujo de sangre 205 en una dirección y el dializado fluye a través de la trayectoria de flujo de dializado 210 en la dirección opuesta. El dializador 15 se describe en el contexto de tener una configuración de contracorriente, aunque también puede usarse una configuración de flujo cruzado. Según fluye la sangre y el agua a lo largo de la membrana 215, puede producirse la hemodiálisis. El dializador 15 también está configurado para realizar ultrafiltración donde un diferencial de presión a través de la membrana 215 provoca que el líquido y los solutos disueltos pasen a través de la membrana 215 desde la sangre hasta el dializado.

El dializador 15 también está configurado para realizar hemodiafiltración donde el movimiento de solutos a través de la membrana semipermeable 215 está gobernado por convección en lugar de por difusión. Un diferencial de presión hidrostática positivo entre la trayectoria de flujo de sangre 205 y la trayectoria de flujo de dializado 210 dirige el agua y los solutos a través de la membrana semipermeable 215 desde la trayectoria de flujo de sangre hasta la trayectoria de flujo de líquidos. Los solutos tanto de moléculas pequeñas como de moléculas grandes se ven arrastradas desde la membrana semipermeable 215 junto con el líquido. En un procedimiento típico de hemodiafiltración, la dirección de movimiento del agua y de los solutos puede oscilar entre mover agua y solutos desde la sangre al dializado y mover agua y solutos desde el dializado a la sangre. Durante un tramo predeterminado de tiempo, hay una pérdida neta de cero y una ganancia neta de cero de líquido de la sangre al dializado. Sin embargo, durante periodos de tiempo concreto dentro de ese tramo de tiempo, puede haber una pérdida neta de líquido de la sangre al dializado y una ganancia neta de líquido a la sangre del dializado.

#### *E. Sistema de equilibrio de flujo*

La figura 6 muestra una vista esquemática del sistema de equilibrio de flujo 20 que incluye el dializador 15. El sistema de equilibrio de flujo 20 está adaptado para regular el flujo de dializado entrante y saliente del dializador 15 para conseguir diversos tipos de diálisis, incluyendo hemodiálisis, ultrafiltración y hemodiafiltración. El sistema de equilibrio de flujo 20 puede incluir una primera bomba para bombear dializado al dializador y una segunda bomba para bombear dializado desde el dializador. El sistema también puede incluir una tercera bomba que proporciona control mejorado de un nivel de ultrafiltración, hemodiafiltración o ambos. Variando las velocidades de bomba relativas de las bombas, un operario puede variar el nivel de filtración de la sangre y también puede conseguir selectivamente ultrafiltración y hemodiafiltración de la sangre.

El sistema de equilibrio de flujo 20 puede incluir conductos que forman una pluralidad de trayectorias de flujo de líquido, que pueden ser cualquier tipo de tubería de conducción a través de la cual puede fluir un líquido tal como dializado. Las trayectorias de flujo de líquido pueden incluir una trayectoria de entrada 250 a través de la cual un líquido tal como un dializado no usado fluye desde el sistema de preparación de dializado 10 hacia y al dializador 15. Al menos una primera bomba 255 está situada a lo largo de o en comunicación con la trayectoria de entrada 205 para bombear el líquido hacia el dializador 15 a un caudal deseado. Puede acoplarse uno o más detectores S a la tercera trayectoria de flujo de líquido para detectar una o más características del líquido entrante, tal como la presión, el caudal, la temperatura, la conductividad, etc. Además, puede acoplarse uno o más accesos de muestra P a las trayectorias de flujo de líquido que proporcionan acceso al fluido que fluye a través de los conductos. La figura

6 muestra los detectores S y los accesos de muestra P acoplados a las trayectorias de flujo de líquido en localizaciones específicas, aunque la cantidad y las localizaciones de los detectores S y accesos de muestra P puede variar.

5 Las trayectorias de flujo de líquido pueden incluir adicionalmente una trayectoria de salida 260 a través de la cual el dializado usado fluye desde el dializador 15 hacia uno o más drenajes 25. En algunas realizaciones, el dializado que sale del dializador puede usarse para precalentar otros líquidos entrantes en el sistema, tal como la corriente de agua que entra en el sistema de intercambio de calor y de purificación, antes de alcanzar el drenaje 25. La trayectoria de salida 260 puede bifurcarse en dos o más trayectorias de salida incluyendo una trayectoria de salida principal 260a y una segunda trayectoria de salida 260b. Al menos una segunda bomba 265 puede estar situada a lo largo de o en comunicación con la trayectoria de salida principal 260a para bombear el dializado desde y más allá del dializador 15 a través de la trayectoria de salida principal 260a.

15 Una tercera bomba 270 puede estar situada a lo largo de o en comunicación con la trayectoria de salida secundaria, la segunda válvula 285. La tercera bomba 270 puede usarse para aumentar el flujo de líquido a través de las trayectorias de flujo de líquido tal como para conseguir selectivamente diferenciales en los caudales entre la trayectoria de entrada 250 y la trayectoria de salida 260 conforme a conseguir diversos tipos de diálisis, incluyendo hemodiálisis, ultrafiltración y hemodiafiltración, como se describe más completamente a continuación. La tercera bomba puede bombear dializado a través de las trayectorias de flujo de líquidos cuando el sistema está en modo de diálisis. La tercera bomba también puede bombear otro líquido, tal como agua o desinfectante, cuando el sistema está en un modo diferente, tal como en un modo de calibración o en un modo de limpieza.

25 La tercera bomba 270 puede estar situada a lo largo de la trayectoria de entrada 250 anterior a la entrada 215 del dializador 15. En esta realización, la trayectoria de salida secundaria 260 se ramifica de la trayectoria de entrada 250 en una localización posterior a la primera bomba 255 y anterior a la primera válvula 280. La tercera bomba 270 puede bombear líquido hacia el drenaje 25. En otra realización, la tercera bomba 270 y la segunda bomba 265 están ambas situadas a lo largo de una única trayectoria de flujo saliente que no se bifurca.

30 Pueden usarse diversos tipos de bombas para la primera, segunda y tercera bomba. En una realización, las bombas son bombas nutantes. En otras realizaciones, las bombas podrían ser bombas de émbolo rotativo, bombas de cavidad progresiva, bombas de engranaje rotativo, bombas de pistón, bombas de diafragma, bombas de tornillo, bombas de engranaje, bombas hidráulicas, bombas de paletas, bombas regenerativas (periféricas) o bombas peristálticas, o cualquier combinación de las mismas. También pueden usarse otros tipos de bombas. La primera bomba 255 y la segunda bomba 265 pueden estar accionadas por un eje común para asegurar la sincronía de los golpes de bomba y el volumen de líquido bombeado. Se entiende que la primera bomba 255 y la segunda 265 pueden ser también completamente independientes entre sí.

40 Como se menciona, puede usarse cualquiera de una diversidad de conductos de líquido para formar las trayectorias de flujo de líquido del sistema de equilibrio de flujo 20. En una realización, al menos una parte de la trayectoria de flujo de líquido se forma de conductos que tienen un diámetro interior de 0,32 cm a 1,27 cm (1/8 pulgadas a 1/2 pulgadas). El caudal en los conductos podría variar entre aproximadamente 50 ml/min a aproximadamente 1000 ml/min. En una realización, el caudal está en el intervalo entre aproximadamente 100 ml/min y aproximadamente 300 ml/min.

45 Las trayectorias de flujo de líquidos pueden incluir adicionalmente una trayectoria derivada 275 que conecta directamente de forma fluida la trayectoria de entrada 250 y la trayectoria de salida 260. Un propósito ejemplar de la trayectoria derivada 275 es proporcionar una trayectoria de flujo de líquidos donde el líquido puede fluir a y desde el sistema de diálisis y esquivar el dializador 15, tal como para purgar, limpiar o calibrar el sistema. En una realización, la unión entre la trayectoria de entrada 250 y la trayectoria derivada 275 está localizada anterior a la entrada de líquidos 120 del dializador 15, y la unión entre la trayectoria derivada 275 y la trayectoria de salida está localizada posterior a la entrada de líquidos 125 del dializador 15. Sin embargo, pueden usarse otras configuraciones de la trayectoria derivada 275 para conseguir esquivar el dializador 15.

55 Una primera válvula 280 puede estar situada en la unión entre la trayectoria de entrada 250 y la trayectoria derivada 275. Una segunda válvula 285 puede estar situada en la unión entre la trayectoria derivada 275 y la trayectoria de salida 260. La primera válvula 280 y la segunda válvula 285 pueden ser válvulas de tres vías, tales como válvulas solenoides, que pueden usarse para regular selectivamente el flujo de líquidos a través de las trayectorias de flujo de líquidos. Es decir, la primera válvula 280 puede configurarse a cualquiera de dos o más configuraciones incluyendo (1) una configuración de diálisis donde la primera válvula dirige todo el líquido entrante a lo largo de la trayectoria de entrada 250 hacia el dializador 15 (como se representa por la flecha A en la figura 6) y evita que el líquido entrante fluya a la trayectoria derivada 275; o (2) una configuración derivada donde la primera válvula 280 desvía todo el líquido entrante a la trayectoria derivada 275 (como se representa por la flecha B en la figura 6) y evita que el líquido entrante fluya pasada la primera válvula hacia el dializador 15.

65 La segunda válvula 285 también puede configurarse a cualquiera de dos configuraciones incluyendo (1) una configuración derivada donde la segunda válvula 285 dirige el líquido entrante de la trayectoria derivada 275 a la

trayectoria de salida 260 (como se representa por la flecha C en la figura 6); o (2) una configuración de diálisis donde la segunda válvula 285 cierra el flujo desde la trayectoria derivada 275 de modo que el líquido saliente de la salida del dializador 125 sigue fluyendo hacia el exterior a lo largo de la trayectoria de salida 260 (como se representa por la flecha D en la figura 6). La primera válvula 280 y la segunda válvula 285 se configuran ambas generalmente en tándem a la configuración derivada o a la configuración de diálisis. El sistema puede incluir un sistema de control y de seguridad que asegura que la primera y la segunda válvula no están configuradas a configuraciones incompatibles.

La disposición de los diversos componentes del sistema de diálisis mostrado en la figura 6 es ejemplar y son posibles otras disposiciones. Por ejemplo, las trayectorias de flujo y las bombas pueden colocarse en diferentes localizaciones a lo largo de las trayectorias de flujo de las que se muestran en la figura 6. En una realización, la tercera bomba 270 puede situarse en la trayectoria de flujo en una localización anterior al dializador 15 y posterior a la primera válvula 280 o la tercera bomba puede situarse posterior al dializador 15 y anterior a la segunda válvula 285. Además, el sistema puede emplear más de tres bombas.

El agua purificada de dentro de los sistemas descritos en este documento puede usarse para purgar, cebar y lubricar los componentes de las diversas bombas de los diversos subsistemas. Por ejemplo, el agua purificada del sistema de intercambio de calor 110 puede usarse para cebar o para purgar los prensaestopas de la bomba, los cabezales de la bomba y las juntas de la bomba de ácido 170 y/o la bomba de bicarbonato 174 del sistema de preparación de dializado 10 (figura 4). Asimismo, el agua purificada del sistema de intercambio de calor 110 puede usarse para cebar la una o más bombas de equilibrio de flujo 255, 265, 270 (figura 6). Usando el agua purificada interna al sistema como líquido de purga de la glándula de bomba para lubricar los cabezales del sistema de flujo reduce la necesidad de líquido de una fuente exterior y reduce el consumo global de agua de los sistemas y aprovecha el agua altamente pura disponible en el sistema HEX. A este respecto, los conductos del sistema pueden incluir una o más trayectorias de flujo que están destinadas a guiar el agua purificada a la bomba o las bombas que tienen que purgarse. El sistema de control puede configurarse para guiar automáticamente el agua purificada a las bombas o el sistema de control puede configurarse para permitir que un usuario guie selectivamente el agua purificada a las bombas.

#### F. Otras aplicaciones

Como se menciona anteriormente, los sistemas de purificación de líquidos descritos en este documento pueden ser útiles con fines diferentes a diálisis. Por ejemplo, el subsistema de purificación de agua 5 y, en particular, el sistema de intercambio de calor 110 puede ser beneficioso para la purificación de líquidos tales como fuentes de agua para consumo humano. Además, los sistemas de purificación de líquidos descritos en este documento no tienen que alimentarse con fuentes de energía convencionales tales como conectados a un enchufe eléctrico. Los sistemas de purificación de líquidos descritos en este documento pueden alimentarse por fuentes de energía renovable incluyendo fuentes solares, generadores impulsados por el usuario u otras fuentes de energía sin conexión a la red eléctrica. Dichas fuentes de energía permiten que el sistema se use en situaciones de emergencia, fallos de suministro, localizaciones remotas o cualquier otra aplicación desconectada tal como en regiones pobres del mundo donde no hay electricidad fácilmente disponible y el agua limpia puede estar muy demandada. En algunas realizaciones, el sistema de intercambio de calor 110 puede acoplarse a un generador impulsado por el usuario e incluye una o más baterías configuradas para hacer funcionar pequeños electrodomésticos y con capacidad de cargarse por el generador. El generador impulsado por el usuario puede arrancarse tanto a mano como pedaleando en una bicicleta para cargar las baterías y alimentar el sistema de intercambio de calor 110.

Aunque esta memoria descriptiva contiene muchos detalles, estos no deben interpretarse como limitaciones del alcance de la invención que se reivindica, sino en su lugar como descripciones de características específicas para realizaciones particulares. Ciertas características que se describen en esta memoria descriptiva en el contexto de realizaciones diferentes también pueden implementarse en combinación en una única realización. A la inversa, diversas características que se describen en el contexto de una única realización también pueden implementarse en múltiples realizaciones por separado o en cualquier subcombinación adecuada. Asimismo, aunque se representan operaciones en los dibujos en un orden particular, este no debe entenderse como que requiere que dichas operaciones se realicen en el orden particular mostrado o en orden secuencial, o que todas las operaciones ilustradas tienen que realizarse, para conseguir resultados deseables.

Aunque se describen en este documento realizaciones de diversos métodos y dispositivos en detalle con referencia a ciertas versiones, debe apreciarse que también son posibles otras versiones, realizaciones, métodos de uso y combinaciones de los mismos.

# ES 2 640 953 T3

Tabla 1

Temperatura	Tiempo	Tipo de pasteurización
63 °C (145 °F)	30 minutos	Pasteurización en cubeta
72 °C (161 °F)	15 segundos	Pasteurización de alta temperatura de corto tiempo (HTST)
8 °C (191 °F)	1,0 segundo	Pasteurización de mayor calor de menor tiempo (HHST)
90 °C (194 °F)	0,5 segundo	Pasteurización de mayor calor de menor tiempo (HHST)
94 °C (201 °F)	0,1 segundo	Pasteurización de mayor calor de menor tiempo (HHST)
96 °C (204 °F)	0,05 segundo	Pasteurización de mayor calor de menor tiempo (HHST)
100 °C (212 °F)	0,01 segundo	Pasteurización de mayor calor de menor tiempo (HHST)
138 °C (280 °F)	2,0 segundos	Pasteurización de temperatura ultra alta (UHT)

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo para el tratamiento de agua, que comprende:
  - 5 al menos una primera y una segunda lámina (305, 310) dispuestas en una relación apilada para formar un apilamiento de láminas, teniendo cada lámina un campo de flujo de líquidos; una trayectoria de entrada que comprende el campo de flujo de líquidos de la primera lámina, teniendo la trayectoria de entrada una región de intercambio de calor (350a);
  - 10 una trayectoria de salida que comprende el campo de flujo de líquidos de la segunda lámina, teniendo la trayectoria de salida una región de intercambio de calor (350b); una capa de transferencia metálica interpuesta entre la primera lámina (305) y la segunda lámina (310) y configurada para permitir que se transfiera calor entre el líquido que fluye en la trayectoria de entrada y el líquido que fluye en la trayectoria de salida;
  - 15 un primer recorte en la primera lámina, en el que el primer recorte está separado de y rodea al menos una parte del campo de flujo de líquidos de la primera lámina sin cruzar el campo de flujo de líquidos de la primera lámina; un segundo recorte en la segunda lámina, en el que el segundo recorte está separado de y rodea al menos una parte del campo de flujo de líquidos de la segunda lámina sin cruzar el campo de flujo de líquidos de la segunda lámina, y
  - 20 en el que el primer y el segundo recorte se alinean de forma vertical entre sí en el apilamiento para formar un recorte colectivo que se extiende a través del apilamiento; y una primera placa sobre la parte superior del apilamiento y una segunda placa sobre la parte inferior del apilamiento, en el que la primera y la segunda placa encierran la parte superior y la parte inferior del recorte colectivo creando una cámara aislante a los campos de flujo de líquidos del apilamiento.
- 25 2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que cada uno del primer y segundo recorte rodea un campo de flujo respectivo a lo largo de al menos tres lados del campo de flujo.
3. El dispositivo de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en el que cada uno del primer y segundo recorte rodea al menos un ochenta por ciento del campo de flujo respectivo.
- 30 4. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el apilamiento incluye más de dos láminas.
5. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un calentador (220) situado dentro de un tercer recorte que se extiende a través del apilamiento a través tanto de la primera lámina (305) como de la segunda lámina (310).
- 35 6. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cámara aislante inhibe la pérdida de calor desde una o más regiones del campo de flujo.
- 40 7. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se forma un vacío parcial dentro de la cámara aislante.
- 45 8. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los campos de flujo de líquidos de las láminas tienen una configuración en espiral y están rodeadas por una cámara aislante en espiral.

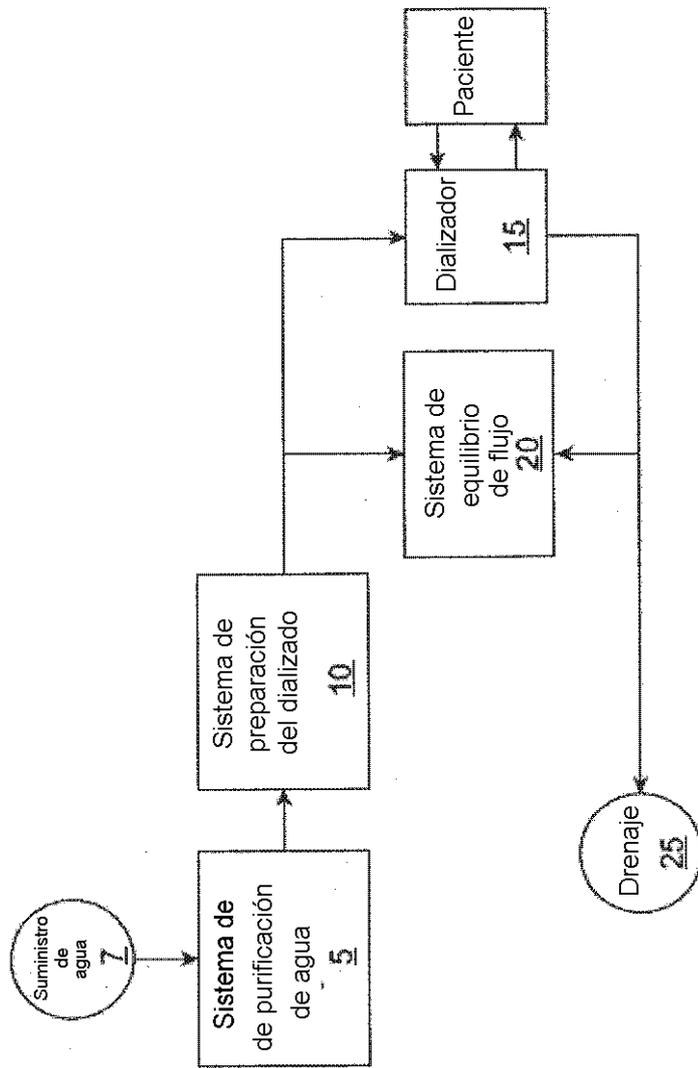


FIG. 1

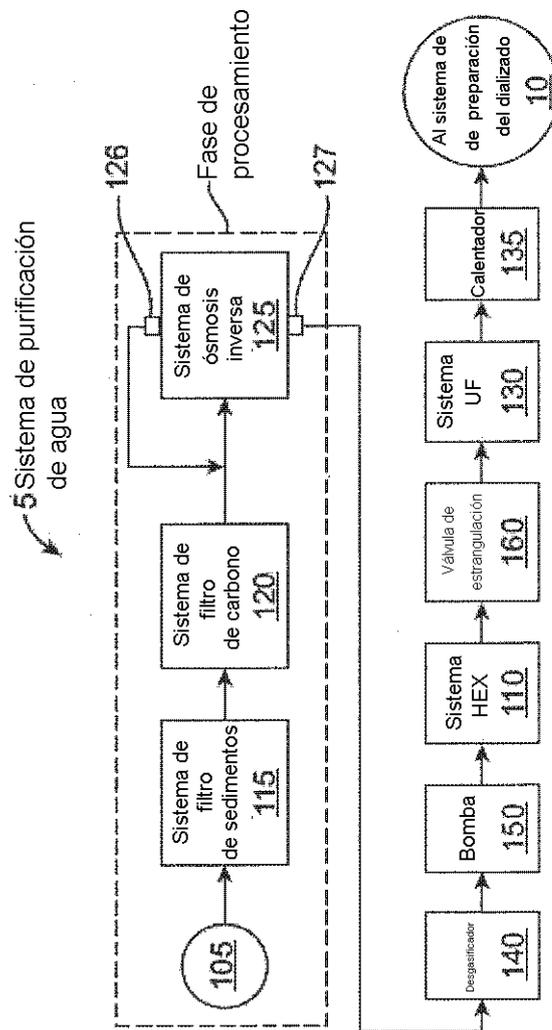


FIG. 2

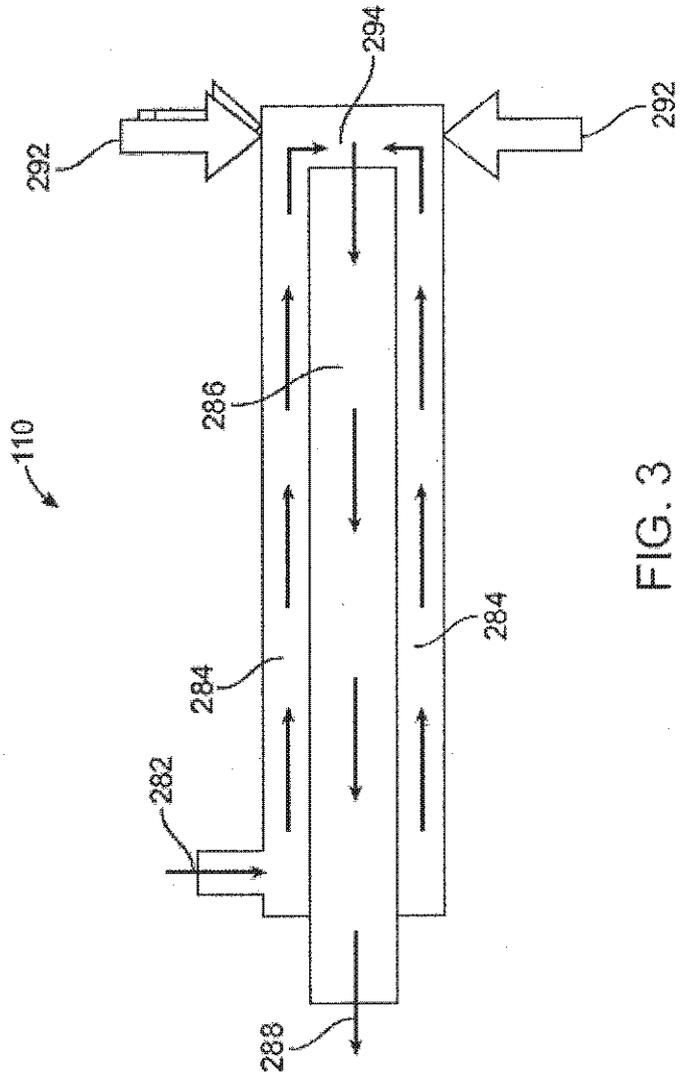


FIG. 3

10 Sistema de preparación del dializado

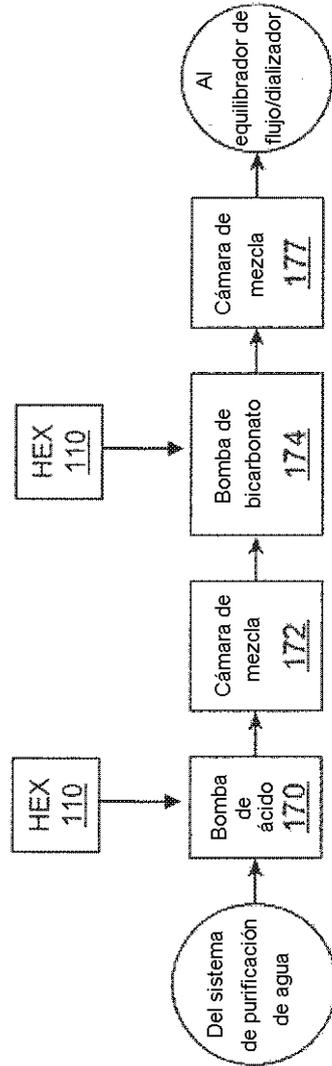


FIG. 4

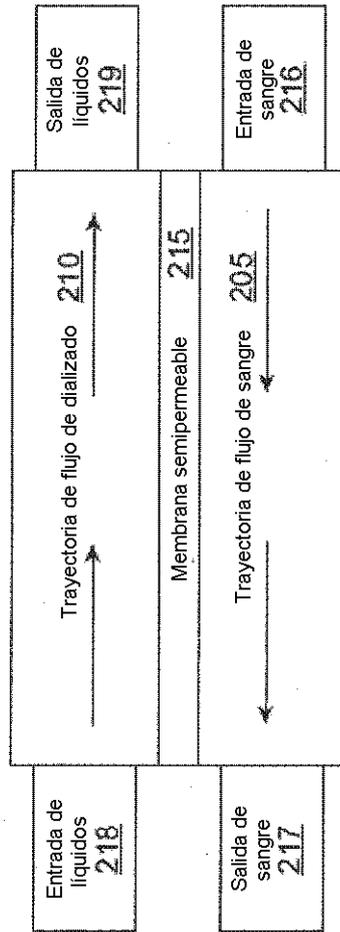


FIG. 5

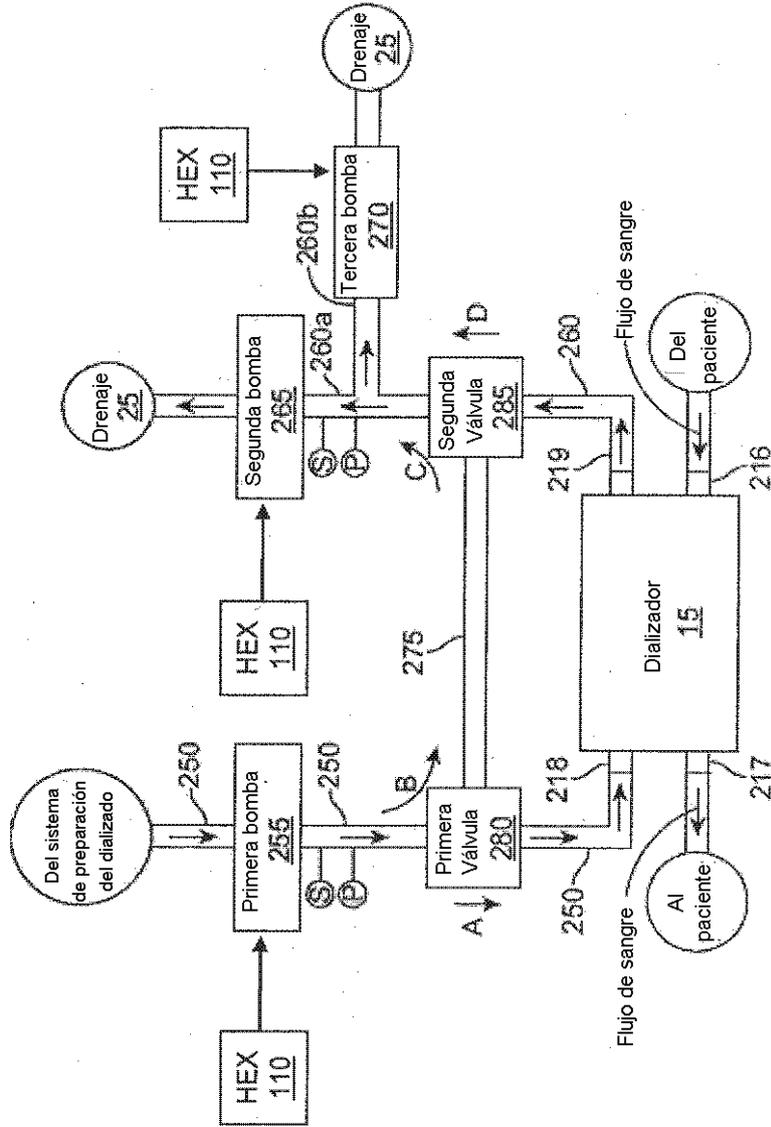


FIG. 6

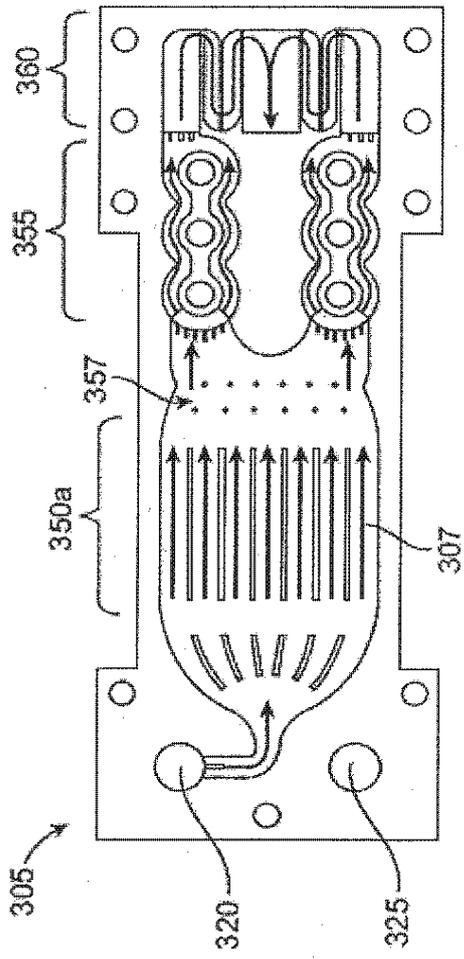


FIG. 7A

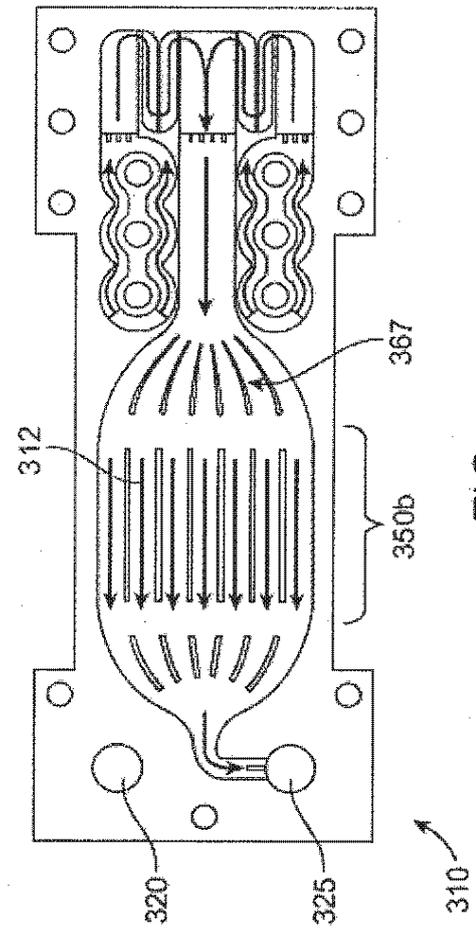


FIG. 7B

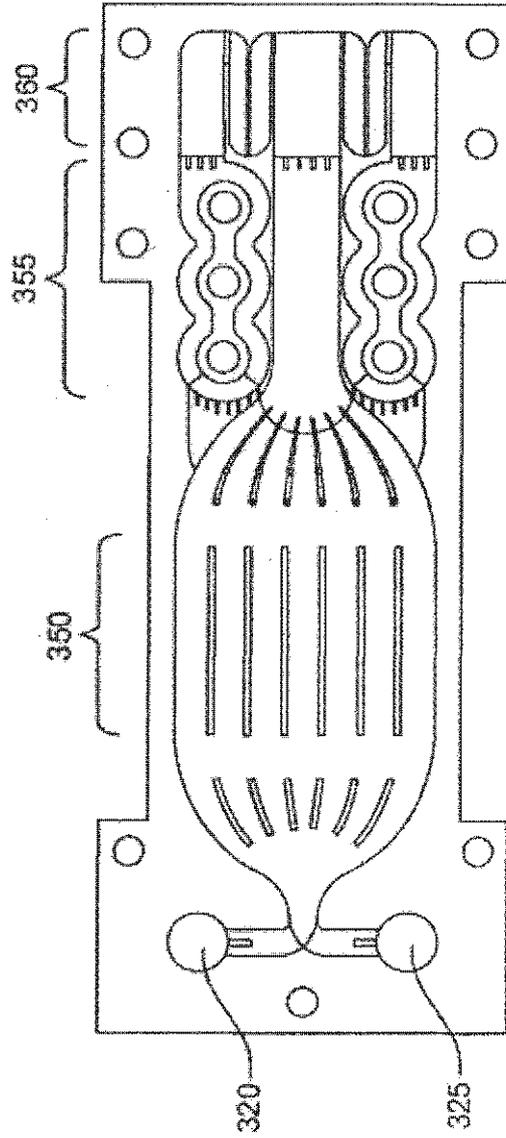


FIG. 7C

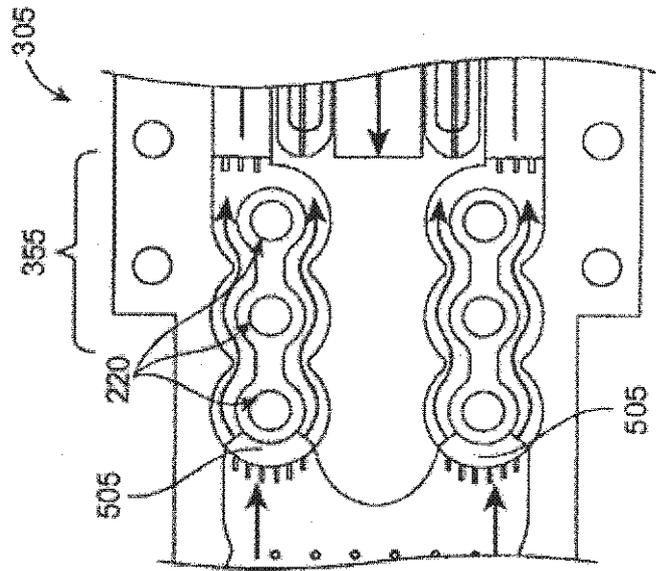


FIG. 8

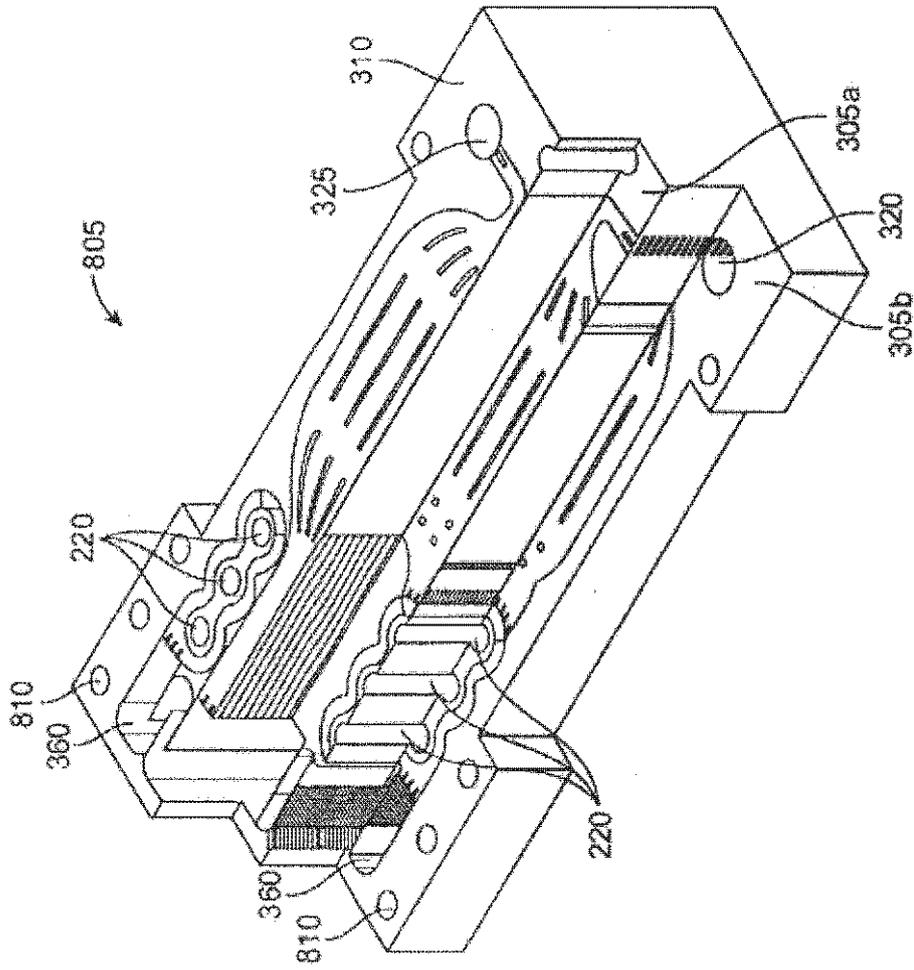


FIG. 9

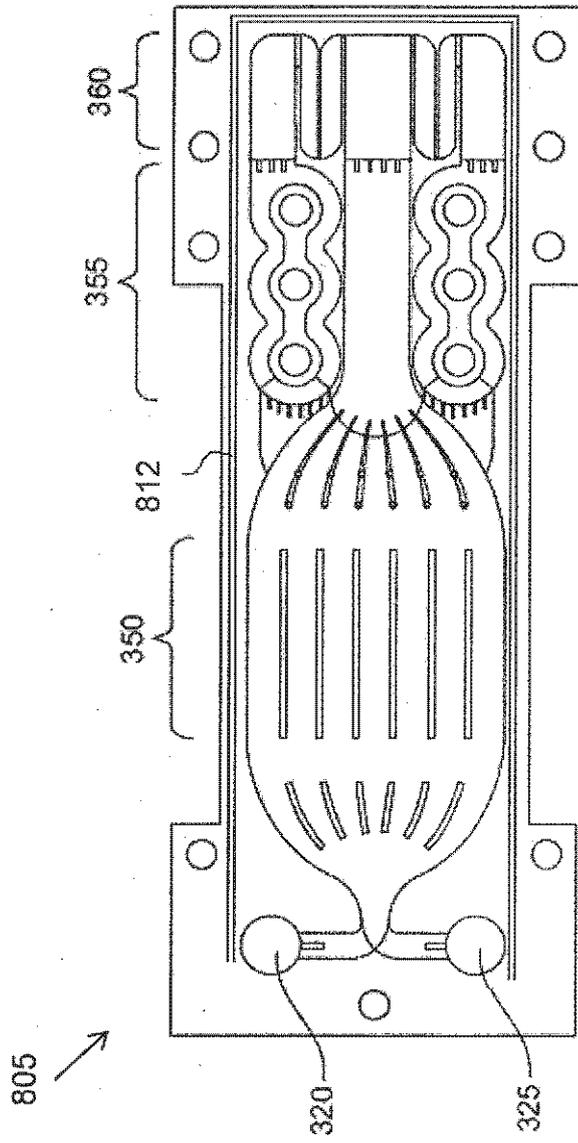


FIG. 10

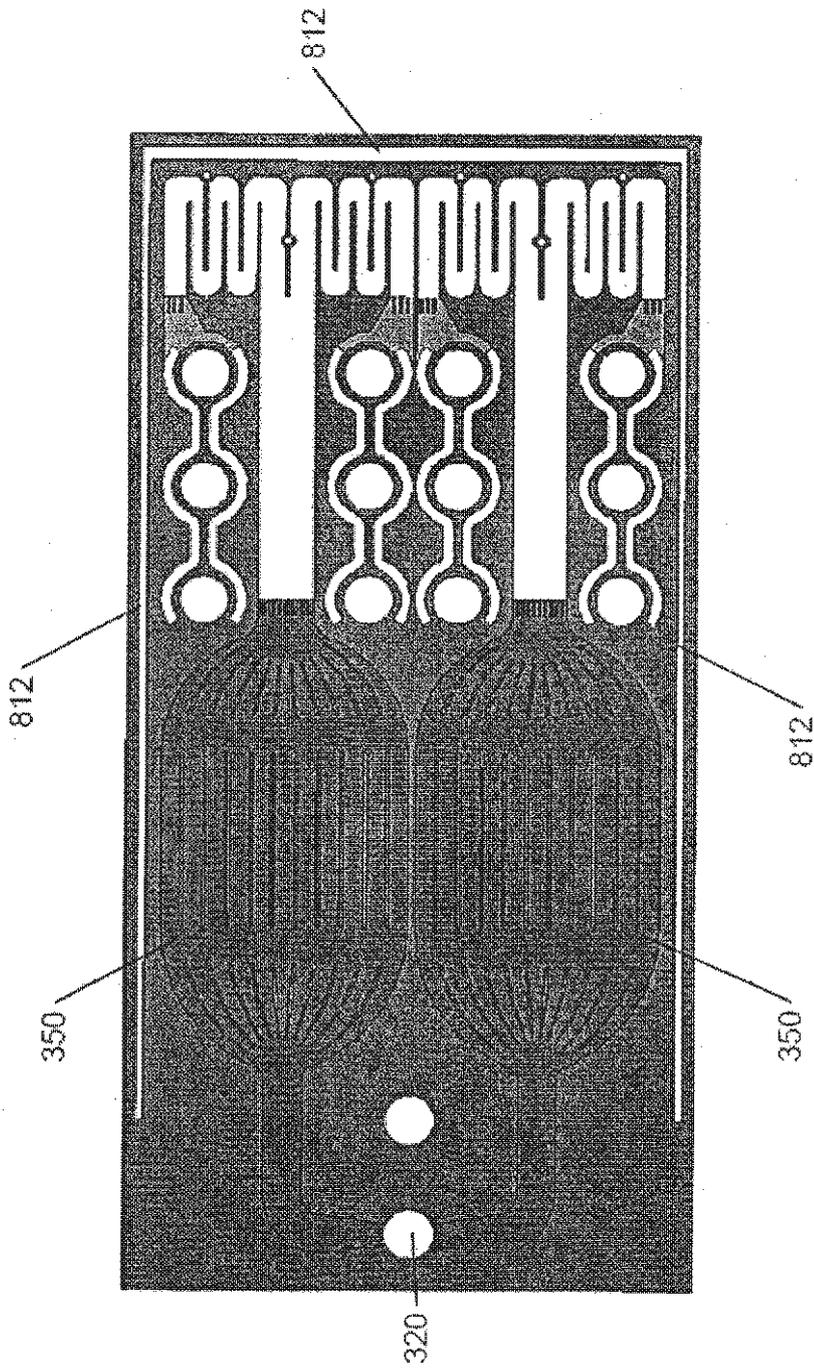


FIG. 11

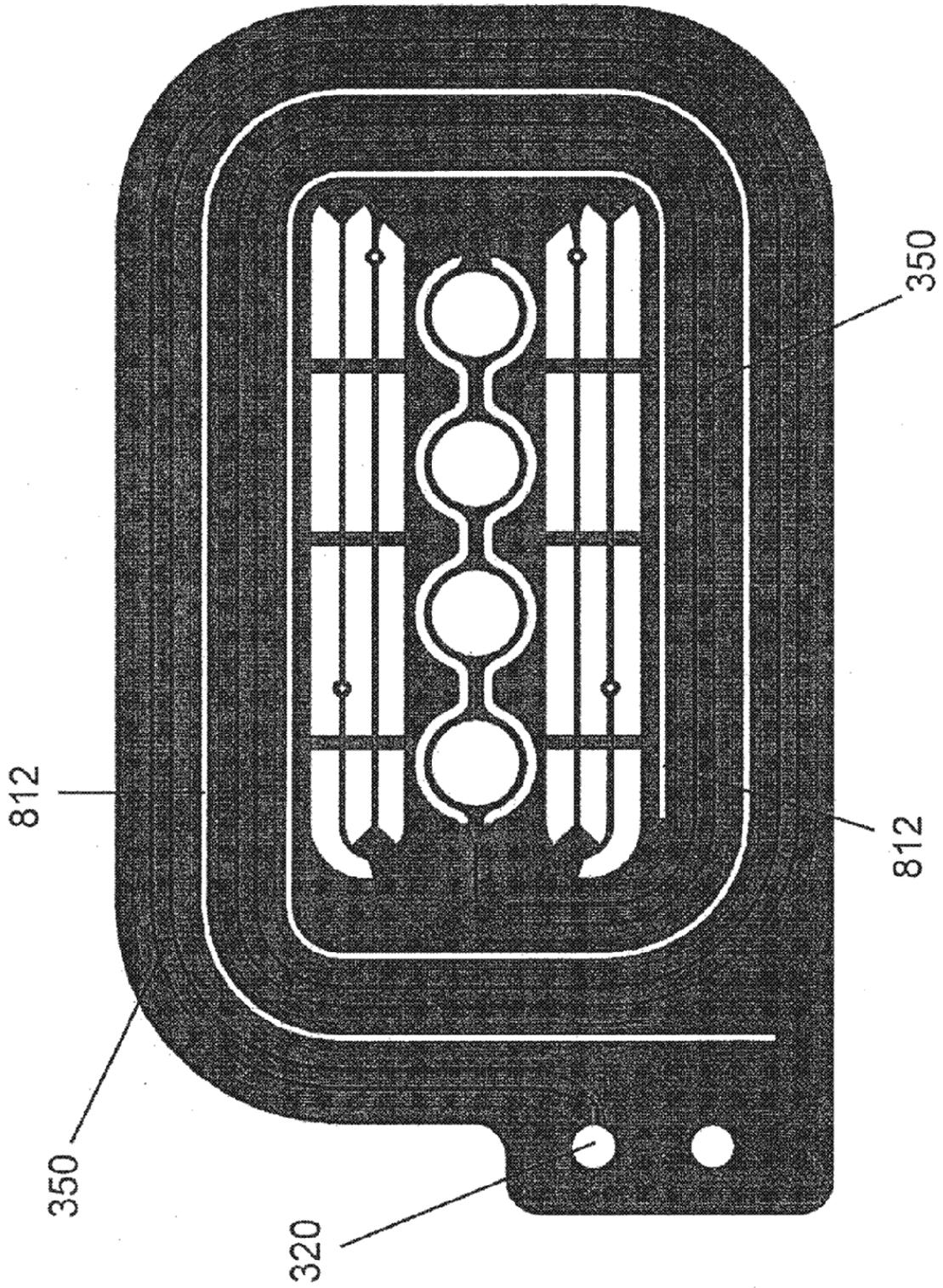


FIG. 12