

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 380**

51 Int. Cl.:

A61M 1/36 (2006.01)

G01L 13/02 (2006.01)

G01L 19/02 (2006.01)

G01L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2013 PCT/US2013/075057**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2014 WO14093846**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2013 E 13818578 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2931334**

54 Título: **Recolocación de diafragma para cápsula de presión utilizando la detección de posición**

30 Prioridad:

14.12.2012 US 201261737264 P

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

08.11.2017

73 Titular/es:

**GAMBRO LUNDIA AB (100.0%)
P.O. Box 10101
220 10 Lund, SE**

72 Inventor/es:

O'MAHONY, JOHN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 641 380 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

Recolocación de diafragma para cápsula de presión utilizando la detección de posición.

Antecedentes

5 La descripción en la presente memoria se refiere a las cápsulas de presión, por ejemplo, para utilizar en medir la presión de un líquido que circula a través de la cápsula. Por ejemplo, dichas cápsulas de presión se pueden utilizar para la medición de presión en los equipos sanguíneos extracorpóreos.

10 Los equipos sanguíneos extracorpóreos, por ejemplo, se utilizan en una variedad de procedimientos médicos para tratar a pacientes con la infusión de fármacos, la diálisis, la terapia de reemplazo renal continua (CRRT), la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), etc. Reducir el coste al tiempo que se mantienen la seguridad y la precisión son de interés en el entorno de la atención sanitaria actual. Minimizar la cantidad de tiempo que un usuario tiene para comunicarse con el dispositivo médico, por ejemplo, eliminando las tareas repetitivas, reduce el coste de funcionamiento y libera el tiempo del usuario para aumentar la calidad de la atención sanitaria.

15 En muchos equipos sanguíneos extracorpóreos (por ejemplo, los equipos sanguíneos desechables) proporcionados, por ejemplo, para utilizar en los sistemas de tratamiento, se utilizan las cápsulas de presión para separar el circuito extracorpóreo desechable lleno de líquido/sangre de un sensor de presión electrónico del sistema impidiendo el acceso de líquido y contaminación al tiempo que se permite la transferencia y medición de presión. Dichas cápsulas de presión pueden incluir normalmente un lado del transductor de presión separado de un lado de circulación del líquido mediante un diafragma. En una o más configuraciones, por ejemplo, el lado del transductor de presión de la cápsula de presión se llena con aire en un espacio sellado que proporciona el aislamiento (por ejemplo, aislamiento eléctrico) del mismo del lado de circulación del líquido (por ejemplo, a través del cual puede circular el líquido) y un medio para la transferencia de presión desde el lado de circulación del líquido al lado del transductor de presión de la cápsula de presión, por ejemplo, la compresión del aire. Por ejemplo, el diafragma que separa el lado del transductor de presión del lado de circulación del líquido de la cápsula de presión puede ser flexible y estar sobredimensionado para asegurar que ninguna de la fuerza ejercida por la presión sobre el diafragma en el circuito sanguíneo extracorpóreo se pierda en la tensión o compresión del diafragma. Además, por ejemplo, la cápsula de presión (por ejemplo, el lado del transductor de presión de la cápsula de presión) se puede conectar con capacidad de funcionamiento mediante un tubo (por ejemplo, lleno de aire) a un transductor de presión para detectar la presión a una distancia alejada de la cápsula de presión (por ejemplo, un transductor de presión situado en una carcasa del sistema sobre la cual se monta el equipo sanguíneo extracorpóreo).

30 Puesto que el aire es compresible y sigue la ley del gas ideal bajo las bajas presiones que existen en el circuito sanguíneo extracorpóreo, la posición del diafragma es una función, por ejemplo, de la presión atmosférica, el volumen de aire en el espacio cerrado que abarca el volumen de aire del transductor de presión, cualquier volumen de los tubos entre el transductor de presión y la cápsula de presión, la elasticidad de los tubos y el volumen de aire en la cápsula de presión. A medida que la presión del circuito aumenta y disminuye en la trayectoria del líquido durante el tratamiento tal como la diálisis, la posición del diafragma cambiará en consecuencia. Por ejemplo, bajo presión negativa, la membrana flexible, por ejemplo, el diafragma, se desviará hacia la parte de la sangre, por ejemplo, el lado de circulación del líquido, de la cápsula de presión y, por ejemplo, durante la presión positiva, la membrana flexible se flexionará hacia el lado del aire o el lado del transductor de presión de la cápsula de presión.

40 Sin embargo, si hay demasiado poco o demasiado volumen de aire en el lado del transductor de presión, es decir, el lado del aire, de la cápsula de presión debido a, por ejemplo, una fuga, un cambio en la temperatura, un cambio en la presión sanguínea o un cambio en la presión atmosférica, existe la posibilidad de que el diafragma flexible toque la cubierta de la cápsula en el lado de circulación del líquido de la cápsula de presión (por ejemplo, tope alcanzado) o se someta a tensión (por ejemplo debido a la holgura en el diafragma flexible que se utiliza) y toque fondo (por ejemplo, tocar la cubierta de la cápsula en el lado del transductor de la cápsula de presión) lo que da como resultado una lectura incorrecta de la presión porque ya no se transmite la presión del circuito verdadera. De forma tradicional, los sistemas de los dispositivos médicos han superado dichas limitaciones, por ejemplo, alertando al usuario para que cambie la presión o en periodos ajustados de tiempo para solicitar al usuario que compruebe la posición del diafragma y/o permita una recolocación del diafragma por el usuario según se describe adicionalmente en la presente memoria. Un procedimiento de verificación y/o recolocación de este tipo lleva tiempo al usuario y también puede momentáneamente inhabilitar la medición de presión durante el procedimiento (por ejemplo, durante el tratamiento que se proporciona a un paciente).

55 Por ejemplo, durante un procedimiento de recolocación y/o comprobación periódica iniciado por software llevado a cabo por un usuario, la posición del diafragma se puede ajustar de nuevo a una posición de medición centrada mediante la infusión de aire a o la extracción de aire del espacio cerrado en el lado del transductor de la cápsula de presión. El volumen atrapado de aire dentro de la cápsula de presión es un volumen conocido y flexionando el diafragma bajo presión positiva y negativa, se pueden encontrar los límites de extensión del diafragma flexible examinando la velocidad de cambio de presión. Por ejemplo, cuando la desviación del diafragma se detiene debido a la tensión o debido a que el diafragma entra en contacto con los lados de la cápsula (por ejemplo, tope alcanzado o tocado fondo en la cubierta de la cápsula), la velocidad de cambio de presión aumentará drásticamente porque la

elasticidad de la cámara disminuye, donde la elasticidad se mide en términos de cambio de la presión por cambio en el volumen de aire. Una vez determinados tanto los límites de extensión positivos como negativos, se puede encontrar la posición de medición centrada infundiendo un volumen de aire conocido en el sistema cerrado (por ejemplo, mediante la activación de una válvula y la conexión de una bomba de aire de desplazamiento positivo al espacio cerrado en el lado del transductor de la cápsula de presión).

En otras palabras, por ejemplo, un equipo sanguíneo extracorpóreo desechable conectable a un sistema de tratamiento (por ejemplo, montado en una carcasa del sistema y conectado a uno o más transductores de presión en la misma), puede contener múltiples cápsulas de presión circulares. Cada cápsula de presión puede contener un diafragma que separa un líquido (por ejemplo, sangre en el lado del líquido de la cápsula de presión) de una cavidad de aire (por ejemplo, en el lado del transductor de la cápsula de presión) y que está configurado para encajar en una carcasa del sensor de presión en una unidad de control (por ejemplo, un aparato de conexión para montar la cápsula de presión en una unidad de diálisis). Las cápsulas de presión y los transductores de presión (por ejemplo, dentro de la unidad de control, tal como una unidad de diálisis) permiten una supervisión no invasiva de la presión del líquido (por ejemplo, sangre), puesto que el líquido nunca entra en contacto con el transductor de presión real. Sin embargo, para que el sensor produzca lecturas de presión válidas, el diafragma de la cápsula de presión debe permanecer en el intervalo central de la cápsula de presión. Esto puede lograrse utilizando una bomba de aire (por ejemplo, de un sistema de bombeo) para añadir aire o eliminar aire de la cavidad de aire de la cápsula de presión (por ejemplo, en el lado del transductor de la cápsula de presión) de modo que la presión de aire en el lado del aire del diafragma (por ejemplo, el lado del transductor de la cápsula de presión) sea igual a la presión del líquido en el otro lado del diafragma (por ejemplo, el lado de circulación del líquido de la cápsula de presión). Esto se puede denominar como tener el diafragma de la cápsula "en la posición de medición".

La tecnología actual de forma general utiliza, por ejemplo, dos métodos para mover el diafragma a la posición centrada. Por ejemplo, se puede utilizar una secuencia de recolocación del diafragma de lazo abierto. Una secuencia de este tipo se puede realizar como sigue. Periódicamente, se puede hacer funcionar una bomba de aire para añadir o eliminar aire de manera que las lecturas del transductor de presión de una cápsula de presión dada se incrementen o disminuyan en 100 mm Hg. Si la diferencia de presión inicial entre la presión de la cavidad de aire y la presión del líquido es pequeña, entonces el diafragma debe empujarse contra una de las paredes de la cápsula de presión (por ejemplo, en el lado del transductor o en el lado de circulación del líquido de la cápsula de presión). Esto se denomina como que el diafragma o bien toca fondo (por ejemplo, el volumen mínimo de la cavidad de aire) o bien hace tope (por ejemplo, el volumen máximo de la cavidad de aire). A continuación, se puede hacer funcionar la bomba para añadir o eliminar volumen de aire igual a 1/2 del volumen total de la cápsula. Si el diafragma estaba tanto en el fondo como en el tope, esto debería centrar el diafragma en la cápsula. Sin embargo, si el diafragma no estaba en realidad en el fondo o en el tope, entonces no se centrará después de la secuencia de recolocación del diafragma de lazo abierto. Se hacen numerosas comprobaciones condicionales (por ejemplo, tales como calcular la derivada de las lecturas de presión mientras la bomba añade o extrae aire) para determinar el éxito o el fracaso de la secuencia de recolocación de lazo abierto. Si estas comprobaciones indican un fallo, entonces se puede ejecutar un estudio de la secuencia de prueba de estabilización. Si las comprobaciones indican éxito, entonces se puede terminar la secuencia de recolocación para la cápsula dada.

El estudio de la secuencia de recolocación de estabilización se puede realizar como sigue. Esta secuencia se puede ejecutar si las comprobaciones automatizadas indican que la secuencia de recolocación del diafragma de lazo abierto falló. En esta secuencia, la bomba de aire se utiliza nuevamente para añadir/eliminar aire a/desde la cavidad de aire de la cápsula (por ejemplo, en el lado del transductor de la cápsula de presión). En este caso, sin embargo, la derivada de la lectura del transductor de presión se calcula mientras la bomba está añadiendo/eliminando aire a una velocidad constante. Si el diafragma está en el intervalo de medición, entonces la magnitud de la derivada de la presión será pequeña. Sin embargo, cuando el diafragma alcanza bien una condición de fondo o bien de tope, la magnitud de la derivada de la presión aumenta más allá de un umbral, indicando que el diafragma ha alcanzado una pared de la cápsula de presión. En ese punto, la dirección de la bomba puede invertirse y continuar funcionando hasta que la derivada de la presión exceda de nuevo un umbral que indique que el diafragma ha hecho contacto con la pared opuesta de la cápsula de presión. La bomba de aire puede invertirse de nuevo para añadir o eliminar un volumen de aire igual a la mitad del volumen requerido para mover el diafragma desde el contacto con la pared de la cápsula inicial al contacto con la pared de la cápsula opuesta. El diafragma debe centrarse a continuación en la cápsula y las lecturas de presión del sensor de presión (por ejemplo, las mediciones de presión) deben ser válidas.

Además, por ejemplo, la posición del diafragma también puede ser recolocada manualmente por un usuario. Por ejemplo, en base a que el usuario examina visualmente la posición del diafragma, el usuario puede infundir aire o eliminar aire del sistema para centrar el diafragma (por ejemplo, el usuario puede supervisar la bomba para infundir o eliminar aire).

Sin embargo, según se mencionó en la presente memoria, dichos procesos (por ejemplo, con períodos de tiempo ajustados que solicitan que el usuario compruebe la posición del diafragma) indeseablemente toman tiempo al usuario.

El documento US 5.722.399 describe una cápsula en la que la posición óptima del diafragma de la cápsula se encuentra activando una bomba de aire para alcanzar un valor umbral de presión e invirtiendo a continuación la bomba de aire durante un periodo de tiempo predeterminado.

5 El documento DE202004020869U1 describe una cámara de fluido con una membrana asociada a la cámara. El borde de la membrana define un plano de referencia y, cuando la presión del fluido en la cámara cambia, la membrana realiza una excursión perpendicular al plano de referencia y se mide una variable medible y se determina la presión del fluido en la cámara.

10 El documento WO02098492A1 describe un manguito de un circuito sanguíneo que tiene al menos una parte que se mueve de acuerdo con la diferencia de presión entre el interior y el exterior del manguito. Un emisor y un receptor de ondas electromagnéticas permiten medir el desplazamiento de la parte móvil de tal manera que establezca la presión de la sangre que circula en el manguito.

Resumen

La presente invención se describe en una o más de las reivindicaciones adjuntas.

15 La presente descripción describe los sistemas, métodos y aparato que abordan la necesidad de un usuario para comprobar y/o recolocar el diafragma a una posición de medición central durante el funcionamiento del sistema (por ejemplo, la necesidad de que el usuario recolocó periódicamente el diafragma y se comunice con el dispositivo debido a cambios en la presión del circuito o cambios en las condiciones ambientales, tales como la temperatura y la presión barométrica). La presente descripción describe los sistemas, métodos y aparato que se pueden utilizar para asegurar que la membrana flexible (por ejemplo, el diafragma flexible) utilizada en una cápsula de presión se mantenga en una posición de medición central durante el funcionamiento del sistema. Por ejemplo, en una o más
20 formas de realización, la presente descripción describe los sistemas, métodos y aparato para utilizar en ajustar la posición del diafragma de forma automática en base a la posición del diafragma detectada y utilizar la posición del diafragma detectada en un lazo de realimentación para abordar la necesidad de que un usuario realice la tarea periódicamente. Como tal, una o más formas de realización descritas en la presente memoria pueden reducir las interrupciones del tratamiento (por ejemplo, permitir que la tarea de recolocación se lleve a cabo de una manera
25 mucho más frecuente mientras se minimiza el tiempo de interrupción en el sistema, eliminando por ejemplo la necesidad de que el diafragma sea totalmente desviado periódicamente en la determinación de los límites de extensión).

30 Un sistema de medición de presión de acuerdo con una o más formas de realización de la presente descripción incluye un cuerpo cápsula de presión que incluye al menos una parte cuerpo cápsula y una parte cuerpo base y un diafragma que separa una cavidad lateral del líquido definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula de una cavidad lateral del transductor definida al menos en parte por la parte cuerpo base. La cavidad lateral del líquido está en comunicación fluida con una entrada y una salida y el diafragma es desplazable desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del líquido hacia la parte cuerpo cápsula y es desplazable desde la posición de
35 medición centrada en la cavidad lateral del transductor hacia la parte cuerpo base. El sistema incluye además un transductor de presión acoplado con capacidad de funcionamiento a la cavidad lateral del transductor de tal manera que la presión del líquido cuando está presente en la cavidad lateral del líquido se transfiere a la cavidad lateral del transductor a través del diafragma y se puede medir mediante el transductor de presión y un sensor de posición para detectar la posición del diafragma. Además todavía, el sistema incluye un controlador acoplado con capacidad de funcionamiento al sensor de posición para recibir una o más señales representativas de la posición del diafragma y para generar una señal de control en base a la misma para utilizar en recolocar el diafragma hacia la posición de
40 medición centrada y el aparato de bombeo acoplado con capacidad de funcionamiento al controlador y la cavidad lateral del transductor para recolocar el diafragma a la posición de medición centrada en base a la señal de control generada por el controlador.

45 Una o más formas de realización del sistema pueden incluir uno o más de los siguientes: el sensor de posición puede incluir al menos uno de un sensor de proximidad electro-óptico y un sensor de proximidad capacitivo; una carcasa del sistema para contener al menos el controlador y el transductor de presión y un aparato de conexión para montar el cuerpo cápsula de presión en la carcasa del sistema (por ejemplo, el aparato de conexión puede incluir un puerto para conectar la cavidad lateral del transductor al transductor de presión contenido en la carcasa del sistema cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en una carcasa del sistema mediante el aparato de conexión); el
50 sensor de posición puede incluir un sensor de proximidad situado para detectar la posición del diafragma cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en una carcasa del sistema mediante un aparato de conexión; el sensor de proximidad puede incluir un sensor de proximidad electro-óptico que incluye al menos un dispositivo transmisor óptico y un dispositivo detector óptico montados en el aparato de conexión para detectar la posición del diafragma cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en una carcasa del sistema mediante un aparato de conexión; el
55 sensor de proximidad puede incluir un sensor de proximidad capacitivo que incluye uno o más electrodos situados junto a la parte cuerpo base del cuerpo cápsula de presión cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en una carcasa del sistema mediante un aparato de conexión (por ejemplo, el uno o más electrodos pueden estar separados de la parte cuerpo base por un material altamente dieléctrico, el sensor capacitivo de proximidad puede incluir un panel de electrodos que puede estar completamente separado de la parte cuerpo base mediante el

material altamente dieléctrico, el sensor capacitivo de proximidad puede incluir un panel de electrodos de tal manera que el panel de electrodos y el diafragma se extiendan a lo largo de un eje del cuerpo cápsula de presión y el área de la sección transversal del panel de electrodos ortogonal al eje sea, en esencia, la misma que el área de la sección transversal del diafragma ortogonal al eje, el sensor de proximidad puede incluir uno o más electrodos acoplados a al menos una parte de la parte cuerpo base o el sensor de proximidad puede incluir un sensor de proximidad capacitivo que incluya uno o más electrodos proporcionados cerca de un extremo de un puerto situado junto o dentro de la cavidad lateral del transductor cuando la cápsula de presión se monta en una carcasa del sistema).

Un método de medición de presión de acuerdo con una o más formas de realización puede incluir proporcionar un cuerpo cápsula de presión que incluya al menos una parte cuerpo cápsula y una parte cuerpo base y un diafragma que separa una cavidad lateral del líquido definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula de una cavidad lateral del líquido está en comunicación fluida con una entrada y una salida, y además en donde el diafragma es desplazable desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del líquido hacia la parte cuerpo cápsula y es desplazable desde la posición de medición centrada en la cavidad lateral del transductor hacia la parte cuerpo base). El método puede incluir además detectar la presión de un líquido en la cavidad lateral del líquido entre la entrada y la salida, en donde la presión del líquido cuando está presente en la cavidad lateral del líquido se transfiere a la cavidad lateral del transductor a través del diafragma; detectar la posición del diafragma; generar una señal de control en base a la posición detectada del diafragma; y recolocar el diafragma hacia la posición de medición centrada en base a la señal de control.

En una o más formas de realización del método, generar una señal de control en base a la posición detectada del diafragma puede incluir ajustar un intervalo predeterminado de posiciones de diafragma aceptables para detectar la presión; comparar la posición detectada del diafragma con el intervalo predeterminado; y generar una señal de control en base a la comparación.

Una o más formas de realización del método pueden incluir uno o más de los siguientes: detectar la posición del diafragma detectando la posición del diafragma múltiples veces a lo largo de múltiples giros de una bomba que abastece la circulación del líquido a través de la cavidad lateral del líquido desde la entrada a la salida y promediar la posición detectada del diafragma en las múltiples veces; recolocar el diafragma hacia la posición de medición centrada proporcionando aire o eliminando aire de la cavidad lateral del transductor; detectar la posición del diafragma utilizando un sensor de proximidad para detectar la posición del diafragma (por ejemplo, el sensor de proximidad puede incluir al menos uno de un sensor de proximidad electro-óptico y un sensor de proximidad capacitivo descritos en la presente memoria).

Además, en una o más formas de realización del método, el método puede incluir además proporcionar una carcasa del sistema para contener al menos un controlador para generar la señal de control y un transductor de presión para detectar la presión del líquido en la cavidad lateral del líquido; proporcionar un aparato de conexión para montar el cuerpo cápsula de presión en la carcasa del sistema (por ejemplo, en donde el aparato de conexión puede incluir un puerto para conectar la cavidad lateral del transductor al transductor de presión contenido en la carcasa del sistema cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión); montar el cuerpo cápsula de presión en la carcasa del sistema; y utilizar un sensor de proximidad para detectar la posición del diafragma cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión.

Una o más formas de realización de un aparato de medición de presión para ser montado con capacidad de funcionamiento mediante un aparato de conexión en una carcasa del sistema (por ejemplo, una carcasa de sistema que contiene un transductor de presión en la misma) puede incluir un cuerpo cápsula de presión configurado para ser montado en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión. Por ejemplo, el cuerpo cápsula de presión puede incluir al menos una parte cuerpo cápsula y una parte cuerpo base. Un diafragma puede separar una cavidad lateral del líquido definida al menos en parte por la parte cuerpo base (por ejemplo, en donde la cavidad lateral del líquido está en comunicación fluida con una entrada y una salida, en donde la cavidad lateral del transductor se puede conectar al transductor de presión de tal manera que la presión del líquido cuando está presente en la cavidad lateral del líquido se transfiere a la cavidad lateral del transductor a través del diafragma y se puede medir mediante el transductor de presión, y además en donde el diafragma es desplazable desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del líquido hacia la parte cuerpo cápsula y es desplazable desde la posición de medición centrada en la cavidad lateral del transductor hacia la parte cuerpo base). Además, el aparato de medición de presión puede incluir un sensor de posición situado junto a la parte cuerpo base utilizable para detectar la posición del diafragma (por ejemplo, el sensor de posición puede incluir un sensor de proximidad tal como se describe en la presente memoria).

El resumen anterior de la presente descripción no pretende describir cada forma de realización o cada implementación de la misma. Las ventajas, junto con una comprensión más completa de la presente descripción, se harán evidentes y llegarán a entenderse haciendo referencia a la siguiente descripción detallada y reivindicaciones tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una ilustración generalizada de un sistema de medición de presión de ejemplo que incluye un aparato cápsula de presión y un sistema de recolocación de diafragma.

La FIG. 2A es una ilustración en perspectiva de un sistema de procesamiento de fluido de ejemplo que puede incluir un sistema de medición de presión tal como se muestra de forma general en la Figura 1.

5 La FIG. 2B es una vista frontal de una parte del sistema de procesamiento de fluido de ejemplo mostrado en la Figura 2A.

La FIG. 3 es un diagrama ilustrativo que muestra una parte de un sistema de procesamiento de fluido que incluye un aparato cápsula de presión conectado a componentes dentro de una carcasa del sistema que contiene, por ejemplo, un controlador y un transductor de presión.

10 La FIG. 4 es un diagrama de bloques de control que ilustra un algoritmo de control de ejemplo para recolocar un diafragma de un aparato cápsula de presión tal como el mostrado de forma general en las Figuras 1 y 3.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de control de ejemplo para recolocar un diafragma de un aparato cápsula de presión tal como el mostrado de forma general en las Figuras 1 y 3.

15 Las FIG. 6A-6C muestran una vista en perspectiva superior estallada, una vista en perspectiva inferior estallada y una vista lateral estallada de un aparato cápsula de presión de ejemplo.

Las FIG. 7A-7B muestran una vista en perspectiva estallada y una vista inferior de un aparato de conexión para conectar un aparato cápsula de presión, tal como se muestra en las Figuras 6A-6C, a un sistema de procesamiento de fluido (por ejemplo, montado el aparato cápsula de presión en una carcasa del sistema). La FIG. 7C es una sección transversal del aparato de conexión mostrado en la Figura 7B tomada en la línea C-C.

20 Las FIG. 8A-8B muestran una primera vista en sección transversal lateral y una segunda vista en sección transversal en perspectiva lateral (ortogonal de la primera vista en sección transversal lateral) de un aparato cápsula de presión (tal como se muestra en las Figuras 6A-6C) montado en un aparato de conexión (tal como se muestra en las Figuras 7A-7C) y que incluye componentes para utilizar en la posición de detección. La FIG. 8C muestra una vista en perspectiva inferior de una parte del aparato de conexión mostrado en las Figuras 8A-8B y que incluye componentes para utilizar en la posición de detección.

La FIG. 9 es un diagrama ilustrativo que muestra otro aparato cápsula de presión de ejemplo conectado a componentes dentro de una carcasa del sistema que contiene, por ejemplo, un controlador y un transductor de presión que utilizan un aparato de conexión que incluye componentes para utilizar en la posición de detección.

30 La FIG. 10 muestra una vista lateral de un aparato cápsula de presión de ejemplo que incluye componentes para utilizar en la posición de detección de un diafragma del aparato cápsula de presión.

La FIG. 11 muestra una sección transversal de otro aparato de conexión similar al mostrado en la Figura 7C y que incluye componentes para utilizar en la posición de medición de un diafragma del aparato cápsula de presión.

35 La FIG. 12 es un diagrama esquemático para utilizar en describir una implementación de ejemplo de un sensor de proximidad sin contacto capacitivo que puede utilizarse en un sistema de recolocación de diafragma para recolocar un diafragma de un aparato cápsula de presión tal como el mostrado de forma general en la Figura 9.

Descripción detallada de formas de realización de ejemplo

40 En la siguiente descripción detallada de formas de realización ilustrativas, se hace referencia a las figuras adjuntas de los dibujos que forman parte de la presente memoria, y en las cuales se muestran, a modo de ilustración, formas de realización específicas que pueden ponerse en práctica. Debe entenderse que pueden utilizarse otras formas de realización y pueden realizarse cambios estructurales sin apartarse (por ejemplo, estando dentro todavía) del alcance de la descripción presentada por la presente memoria.

45 Los sistemas, métodos y aparato de ejemplo para utilizar en la recolocación de un diafragma en un aparato cápsula de presión se describirán con referencia a las Figuras 1-12. Por ejemplo, dichos sistemas, aparato y métodos pueden detectar o medir la posición de un diafragma de cápsula de presión utilizando un sensor para detectar la distancia entre el diafragma y el sensor (por ejemplo, un punto de referencia) y para mantener esta distancia dentro de un intervalo de distancia predeterminado (por ejemplo, una posición de medición centrada). Además, por ejemplo, dichos sistemas, métodos y aparato pueden medir la posición del diafragma utilizando un sensor sin contacto (por ejemplo, un sensor de proximidad).

50 La Figura 1 muestra una forma de realización de ejemplo general de un sistema de medición de presión 10 que incluye un aparato cápsula de presión 12 para utilizar en medir la presión de una circulación de fluido a su través (por ejemplo, una circulación de líquido, tal como la sangre, mostrada de forma general por las flechas 20). El

aparato cápsula de presión 12 incluye un cuerpo cápsula de presión 11 que incluye al menos una parte cuerpo cápsula 22 y una parte cuerpo base 24 que pueden acoplarse a un aparato de conexión 40 (por ejemplo, una parte cuerpo base 24 que puede acoplarse a un receptáculo de acoplamiento) para utilizar en, por ejemplo, montar el aparato cápsula de presión 12 con respecto a una carcasa del sistema 27 y/o para utilizar en conectar el aparato cápsula de presión 12 a componentes dentro de la carcasa del sistema 27.

Según se muestra en la forma de realización de ejemplo de la Figura 1, un diafragma 14 (por ejemplo, también denominado en la presente memoria como una membrana flexible) separa una cavidad lateral del líquido 17 definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula 22 de una cavidad lateral del transductor 13 (por ejemplo, una cavidad de aire) definida al menos en parte por la parte cuerpo base 24. La cavidad lateral del líquido 17 está en comunicación fluida con una entrada 15 y una salida 16 (por ejemplo, a través de la cual puede circular un líquido según se indica mediante flechas 20). El diafragma 14 es desplazable desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del líquido 17 hacia la parte cuerpo cápsula 22 según se muestra por la línea discontinua 18 y es desplazable desde la posición de medición centrada en la cavidad lateral del transductor 13 hacia la parte cuerpo base 24 según se muestra por la línea discontinua 19. La posición de medición centrada se puede definir principalmente como el estado neutro del diafragma cuando no se aplican fuerzas al mismo o de lo contrario es definible como el estado del diafragma cuando la presión en el lado del transductor del diafragma es igual a la presión en el lado de circulación del líquido del diafragma. Por lo menos en una forma de realización, la posición de medición centrada es de forma general un intervalo de posiciones de diafragma centradas aceptables para la medición precisa de la presión (por ejemplo, un intervalo de posiciones en las que el diafragma es flexible y transfiere la presión de forma precisa, como opuesto al diafragma que está tenso de manera que la presión transferida sea una función tanto de la elasticidad del diafragma como de la presión del líquido sobre el diafragma). Un transductor de presión 28 se puede acoplar con capacidad de funcionamiento (por ejemplo, mediante uno o más tubos con o sin utilizar el aparato de conexión 40) a la cavidad lateral del transductor 13 de manera que la presión del líquido (por ejemplo, la circulación del líquido designada por las flechas 20) cuando está presente en la cavidad lateral del líquido 17 sea transferida a la cavidad lateral del transductor 13 a través del diafragma 14 y se pueda medir mediante el transductor de presión 28.

El sistema de medición de presión 10 incluye además un sistema de recolocación de diafragma 30 acoplado con capacidad de funcionamiento para recolocar de forma automática (por ejemplo, sin la intervención manual del usuario tal como la comprobación y/o el proceso de recolocación descrito en los antecedentes de la presente memoria) el diafragma 14 hacia la posición de medición centrada. El sistema de recolocación de diafragma 30 incluye un sensor de posición 32 (por ejemplo, un sensor de proximidad tal como un transformador de desplazamiento variable lineal (LCDT) electro-óptico, inductivo, de ultrasonidos o sensor capacitivo de proximidad) para detectar la posición del diafragma 14. El sistema de recolocación de diafragma 30 incluye además un controlador 34 acoplado con capacidad de funcionamiento al sensor de posición 32 para recibir una o más señales representativas de la posición del diafragma 14 y para generar una señal de control en base a las mismas para utilizar en recolocar el diafragma 14 hacia la posición de medición centrada. Un aparato de bombeo 36 del sistema de recolocación de diafragma 30 se acopla con capacidad de funcionamiento (por ejemplo, mediante uno o más tubos, sensores, lazos de retroalimentación, válvulas, etc.) al controlador 34 y la cavidad lateral del transductor 13 para recolocar el diafragma 14 hacia la posición de medición centrada en base a la señal de control generada por el controlador 34. Por ejemplo, el aire se puede proporcionar a o eliminar de la cavidad lateral del transductor 13 por medio de un aparato válvula (por ejemplo, una válvula de 2/2 vías, tal como una válvula de solenoide) conectada entre el aparato de bombeo de aire 36 y la cavidad lateral del transductor 13 al menos mediante tubos.

El sensor de posición 32 puede ser cualquier sensor de posición adecuado para proporcionar información con respecto a la posición del diafragma 14. Por ejemplo, el sensor de posición 32 puede ser un sensor sin contacto para medir la posición del diafragma 14, tal como un sensor de proximidad sin contacto (por ejemplo, un sensor de proximidad electro-óptico, un sensor de proximidad capacitivo, un sensor de proximidad inductivo, etc.) o cualquier otro tipo de sensor de posición sin contacto tal como un sensor de reflexión, un sensor de ultrasonidos, etc., adecuado para medir la posición del diafragma (por ejemplo, medir la posición de una o más regiones del diafragma, uno o más puntos del diafragma, uno o más puntos o regiones centrados alrededor del eje 39, etc.). Además, por ejemplo, también pueden utilizarse sensores del tipo de contacto directo. Sin embargo, dichos sensores pueden necesitar ser complementados con técnicas de corrección de errores para corregir las fuerzas que son ejercidas por el sensor en el diafragma 14.

El sensor de posición 32 puede incluir o estar provisto de cualquier número de componentes adecuado para proporcionar la detección de posición y dichos componentes pueden estar colocados en diferentes ubicaciones o formar una parte de diversos componentes del sistema de medición de presión 10. Por ejemplo, el sensor de posición puede incluir la utilización de un dispositivo transmisor óptico y un dispositivo detector óptico (por ejemplo, como parte de un sensor de proximidad electro-óptico) colocado con y/o incluido como una parte del aparato de conexión 40 (véase, por ejemplo, las Figuras 8A-8C). Además, por ejemplo, el sensor de posición puede incluir la utilización de uno o más electrodos (por ejemplo, un panel de electrodos como parte de un sensor de proximidad capacitivo) colocados con y/o formando una parte del aparato de conexión 40 (véase, por ejemplo, las Figuras 9 y 11). Además, por ejemplo, el sensor de posición puede incluir la utilización de uno o más electrodos (por ejemplo, un panel de electrodos como parte de un sensor de proximidad capacitivo) colocados con y/o formando una parte del aparato cápsula de presión 12 (véase, por ejemplo, la Figura 10). En otras palabras, se puede utilizar una variedad

de sensores de posición para detectar la posición del diafragma 14 y dichos sensores de posición pueden estar colocados con y/o formar una parte de cualquier número de componentes del sistema de medición de presión 10 o pueden proporcionarse completamente por separado de dichos componentes.

5 El controlador 34 acoplado con capacidad de funcionamiento al sensor de posición 32 puede ser cualquier arquitectura de hardware/software configurada para proporcionar la funcionalidad deseada. Por ejemplo, el controlador puede incluir el circuito electrónico para las mediciones de posición de la membrana de muestreo, el aparato de procesamiento y el software asociado para el procesamiento de los datos de salida del circuito electrónico (por ejemplo, las señales representativas de la posición del diafragma 14) para generar una señal de control para utilizar en recolocar el diafragma 14 hacia la posición central. Según se describe en la presente memoria con referencia a las Figuras 2A-2B, por ejemplo, dicha funcionalidad del controlador se puede llevar a cabo por el aparato 360 descrito en la misma.

15 Dicho aparato de procesamiento, puede ser, por ejemplo, cualquier sistema de ordenador fijo o móvil (por ejemplo, un ordenador personal o mini-ordenador asociado con, por ejemplo, un sistema de tratamiento o procesamiento del fluido, tal como un sistema de diálisis). La configuración exacta del aparato de computación no es limitante y, esencialmente, se puede utilizar cualquier dispositivo capaz de proporcionar las capacidades de computación y capacidades de control adecuadas (por ejemplo, el control de la colocación del diafragma 14 hacia o en la posición de medición centrada). Además, se contemplan diversos dispositivos periféricos, tales como una pantalla de ordenador, un ratón, un teclado, una memoria, una impresora, un escáner, para ser utilizados en combinación con un aparato de procesamiento y su almacenamiento de datos asociado. Por ejemplo, el almacenamiento de datos puede permitir el acceso a los programas o rutinas de procesamiento y uno o más de otros tipos de datos que se pueden emplear para llevar a cabo los métodos ilustrativos y la funcionalidad según se describe en la presente memoria.

25 En una o más formas de realización, los métodos o sistemas descritos en la presente memoria pueden implementarse utilizando uno o más programas o procesos de ordenador (o sistemas que incluyan dichos procesos o programas) ejecutados en ordenadores programables, tales como ordenadores que incluyan, por ejemplo, capacidades de procesamiento, almacenamiento de datos (por ejemplo, memoria volátil o no volátil y/o elementos de almacenamiento), dispositivos de entrada y dispositivos de salida. Por ejemplo, los sistemas y métodos descritos en la presente memoria se puede considerar que incluyen múltiples procesos o programas que se pueden implementar solos o en conjunto. El código de programa y/o la lógica descrita en la presente memoria se pueden aplicar a los datos de entrada para realizar la funcionalidad descrita en la presente memoria y generar la información de salida deseada. La información de salida se puede aplicar como entrada a uno o más de otros dispositivos y/o procesos, según se describe en la presente memoria o como se aplicaría de una manera conocida. Por ejemplo, los programas o rutinas de procesamiento pueden incluir programas o rutinas para realizar diversos algoritmos, que incluyen los algoritmos de normalización, los algoritmos de comparación o cualquier otro procesamiento requerido para implementar una o más formas de realización descritas en la presente memoria, tales como aquellas para realizar el promedio de los datos de medición, la generación de señales de control, etc.

35 El software o programas utilizados para implementar la funcionalidad descrita en la presente memoria se pueden proporcionar utilizando cualquier lenguaje programable, por ejemplo, un lenguaje de programación de procedimiento de alto nivel y/u orientado a objetos que sea adecuado para comunicar con un aparato de procesamiento. Cualquiera de dichos programas puede, por ejemplo, ser almacenado en cualquier dispositivo adecuado, por ejemplo, un medio de almacenamiento, legible mediante un programa de propósito general o especial, ordenador o un aparato procesador para configurar y operar el ordenador cuando se lee el dispositivo adecuado para realizar los procedimientos descritos en la presente memoria. En otras palabras, al menos en una forma de realización, los métodos y sistemas descritos en la presente memoria pueden implementarse utilizando un medio de almacenamiento legible por ordenador, configurado con un programa de ordenador, donde el medio de almacenamiento así configurado provoque que el aparato de procesamiento funcione de una manera específica y predefinida para realizar las funciones descritas en la presente memoria.

40 El aparato de bombeo 36 puede ser de cualquier configuración adecuada (por ejemplo, una configuración formada con una o más bombas, válvulas y tubos) para lograr la recolocación de la membrana 14 a través de la cavidad lateral del transductor 13 (por ejemplo, eliminar el aire de o infundir aire en la cavidad 13). El transductor de presión 28 se puede configurar con capacidad de funcionamiento con respecto a la cavidad lateral del transductor 13 (por ejemplo, una configuración en forma de una o más bombas, válvulas y tubos) para lograr la función de detectar la presión en la cavidad lateral del transductor 13. Además, por ejemplo, la configuración del aparato de bombeo 36 puede incluir componentes, tales como tubos o válvulas, utilizados para acoplar con capacidad de funcionamiento el transductor de presión 28 a la cavidad lateral del transductor 13.

50 El sistema de medición de presión 10, que incluye el sistema de recolocación de diafragma 30, se puede utilizar en cualesquiera de los sistemas de procesamiento de fluidos que se beneficiarían del mismo. Por ejemplo, los sistemas de ejemplo que pueden beneficiarse de un sistema de recolocación de diafragma de este tipo incluyen sistemas, denominados de forma general como sistemas de diálisis. El término general diálisis según se utiliza aquí incluye la hemodiálisis, la hemofiltración, la hemodiafiltración, la hemoperfusión, la diálisis de hígado y el intercambio plasmático terapéutico (TPE), entre otros procedimientos de tratamiento similares. En la diálisis de forma general se

- 5 extrae sangre fuera del cuerpo y se expone a un dispositivo de tratamiento para separar las sustancias de la misma y/o para añadir sustancias a la misma y a continuación se devuelve al cuerpo. Aunque se describirá un sistema de tratamiento sanguíneo extracorpóreo 310 capaz de realizar la diálisis general (según se definió anteriormente, que incluya TPE) y utilizar la recolocación del diafragma en la presente memoria con referencia a las Figuras 2A-2B, otros sistemas como aquellos para la infusión de fármacos, el desarrollo de la terapia de reemplazo renal continua (CRRT), la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO), la hemoperfusión, la diálisis hepática, la aféresis, el TPE, etc., se pueden beneficiar de los sistemas, métodos y aparato descritos en la presente memoria para la recolocación de un diafragma y la presente descripción no se limita a los sistemas de procesamiento de fluido específicos descritos en la presente memoria.
- 10 En las vistas frontal parcial y en perspectiva de las Figuras 2A-2B, el sistema de tratamiento sanguíneo extracorpóreo 310 de ejemplo incluye de forma general un circuito sanguíneo 312 de tubo que tiene segmentos de tubo primero y segundo 314 y 316 que están ambos conectados al sistema vascular de un paciente 318 a través de los dispositivos de acceso y retroceso 317 y 319, respectivamente. Los dispositivos 317 y 319 pueden ser cánulas, catéteres, agujas con aletas o similares como sería entendido por un experto en la técnica. Los segmentos de tubo
- 15 314 y 316 también se conectan a una unidad de filtración o procesamiento 320. En la diálisis, la unidad de filtración 320 es un dializador, que también se denomina a menudo como un filtro. En TPE, puede denominarse también como un filtro de plasma. En este sistema de ejemplo 310, una bomba peristáltica 324 se dispone asociada con capacidad de funcionamiento con el primer segmento de tubo 314. Otros numerosos dispositivos componentes del circuito sanguíneo 312 se incluyen también como, por ejemplo, los tres sensores de presión 327, 328 y 329, así como la abrazadera para tubo 331. Dichos sensores de presión 327, 328 y 329 se pueden configurar según se describe en la presente memoria de tal manera que los diafragmas de los mismos se puedan recolocar de forma automática hacia o en la posición de medición centrada en los mismos, por ejemplo, durante el funcionamiento del sistema 310.
- 20 También se muestra en las Figuras 2A-2B el lado de procesamiento de fluido o filtrado del sistema 310 que incluye de forma general un circuito de procesamiento de fluido 340 que tiene los segmentos de tubo primero y segundo de procesamiento de fluido 341 y 342. Cada uno de estos segmentos de tubo se conecta a la unidad de filtración 320. En estas Figuras 2A-2B, una bomba de fluido respectiva 344, 346 se asocia con capacidad de funcionamiento con cada uno de estos segmentos de tubo 341 y 342. El primer segmento de tubo 341 también se conecta a una fuente de procesamiento de fluido (por ejemplo, la bolsa de fluido 349), que puede incluir electrolitos pre-mezclados en el misma. El segundo segmento de tubo 342 se conecta a un dispositivo de recogida de residuos (por ejemplo, un recipiente de residuos tal como una bolsa 353). Un sensor de presión 354 también se dispone en el segundo segmento de tubo 342 del líquido de diálisis (por ejemplo, el sensor de presión 354 se puede configurar según se describe en la presente memoria de tal manera que el diafragma del mismo se pueda recolocar de forma automática hacia la posición de medición centrada, por ejemplo, durante el funcionamiento del sistema 310).
- 25 Las Figuras 2A-2B muestran un sistema que es común como modelo básico para numerosos procedimientos de diálisis, incluyendo el TPE. Se pueden añadir (o suprimir) líneas adicionales de fluido, circuitos y componentes para incrementar las opciones de tratamiento. Además, según se muestra en las Figuras 2A-2B, el sistema 310 incluye un aparato de control sanguíneo extracorpóreo 360 que proporciona numerosas opciones de tratamiento que son controladas y/o supervisadas por medio de la pantalla de control/visualización 361 (por ejemplo, un aparato de control o controlador proporcionado en una carcasa del sistema 393). Se pueden incorporar controles de pantalla táctil con la presente memoria y/o se pueden utilizar otros mandos o botones convencionales (no mostrados). Se puede encontrar otra y más detallada información con respecto a un aparato de ejemplo 360 en la Patente de Estados Unidos n.º 5.679.245; la Patente de Estados Unidos. n.º 5.762.805; la Patente de Estados Unidos. n.º 5.776.345; y la Patente de Estados Unidos. n.º 5.910.252; entre otras.
- 30 Un procedimiento de tratamiento de diálisis general según se realiza, por ejemplo, con un aparato descrito con referencia a las Figuras 2A-2B se describirá de forma general para fines de ejemplo. En primer lugar, la sangre se retira del paciente 318 a través del dispositivo de acceso 317 y circula a través de la línea de acceso 314 al filtro 320. El filtro 320 procesa esta sangre de acuerdo con un uno o más de una serie de protocolos de tratamiento sanguíneo extracorpóreo seleccionados (por ejemplo, seleccionados y controlados a través de la interfaz de pantalla 361 del aparato de control 360) y a continuación devuelve la sangre procesada o tratada al paciente 318 a través de la línea de retorno 316 y el dispositivo de retorno 319 insertado en o de lo contrario conectado al sistema vascular del paciente 318. La trayectoria de circulación de la sangre hacia y desde el paciente 318, que incluye el dispositivo de acceso 317, la línea de acceso 314, el filtro 320, así como la línea de retorno 316 y el dispositivo de retorno 319 de vuelta al paciente forma el circuito de circulación sanguínea 312.
- 35 Cada uno de los protocolos de tratamiento utilizados o llevados a cabo mediante el aparato 360 preferentemente consisten en hacer pasar la sangre por el circuito sanguíneo 312 a través de la unidad de filtración 320. La unidad de filtración 320 puede utilizar una membrana semi-permeable convencional (no mostrada de forma específica) para confinar la sangre en el circuito primario 312 hacia una cámara primaria de la misma y permite que la materia o moléculas de la sangre migren (por difusión o convección) a través de la membrana semi-permeable en una cámara secundaria, y de forma general puede también permitir que la materia o moléculas de la cámara secundaria se difundan a través de la membrana semi-permeable desde la cámara secundaria en la sangre en la cámara primaria.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

Cada protocolo de tratamiento puede, por lo tanto, consistir de forma general en eliminar la materia no deseada de la sangre de forma extracorpórea y/o añadir la materia deseada a la sangre de forma extracorpórea.

El primer sensor de presión 327 del sistema 310 mostrado en las Figuras 2A-2B se conecta en la línea de acceso 314 y permite que la presión del fluido en la línea de acceso 314 sea supervisada. La primera bomba peristáltica 324 se muestra como conectada con capacidad de funcionamiento a la línea de acceso 314 y controla la velocidad de circulación de la sangre a través del circuito sanguíneo 312. El segundo sensor de presión 328 se conecta en el circuito sanguíneo 312 entre la primera bomba 324 y la entrada de sangre en el filtro 320 y se puede utilizar para detectar y supervisar la presión de la sangre suministrada a la entrada del filtro 320. El tercer sensor de presión 329 se conecta en o cerca de la salida del filtro 320 y se puede utilizar para supervisar la presión de la sangre en la línea de retorno 316 en la salida desde el filtro 320 para su comparación con la presión detectada por el sensor 328. La abrazadera de retorno 331 conectada en el circuito sanguíneo 312 permite terminar selectivamente la circulación de la sangre a través del circuito sanguíneo 312 (por ejemplo, la abrazadera de retorno 331 se puede activar siempre que se detecte aire en la sangre mediante el detector de burbujas 326). Además, una bomba 362 se puede conectar a un recipiente de anticoagulante 364 para suministrar anticoagulante a través de una línea de anticoagulante 365 a la sangre en el segmento de tubo 314 y una bomba 366 puede suministrar fluido de reposición desde un recipiente o bolsa de fluido de reposición 368 a través de una línea de fluido de reposición 370.

El circuito de circulación secundario 340 se muestra también en las Figuras 2A-2B cuando interactúa con el filtro 320. El circuito de circulación secundario 340 se conecta a la cámara secundaria del filtro 320. La materia eliminada de forma extracorpórea de la sangre se elimina desde la cámara secundaria del filtro 320 a través del segmento de tubo de salida 342 del circuito de circulación secundario 340 y la materia añadida de forma extracorpórea a la sangre se introduce al filtro 320 a través del segmento de tubo de entrada 341 del circuito de circulación secundario 340. El circuito de circulación secundario 340 incluye de forma general la fuente de fluido tal como la bolsa 349, la línea de entrada de fluido 341, la tercera bomba peristáltica 344, la cámara secundaria del filtro 320, una línea de fluido de residuos 342, el cuarto sensor de presión 354, la cuarta bomba 346 y el dispositivo de recogida de residuos tal como el recipiente 353. La bolsa fuente de fluido 349 contiene un fluido de procesamiento estéril, de forma general isotónico a la sangre, en el que las impurezas sanguíneas se difundirán a través de la membrana semipermeable de la unidad de filtración 320. La bomba 344 se conecta en la línea de entrada de fluido 341 para suministrar fluido de procesamiento desde la fuente de fluido de procesamiento 349 a una entrada al filtro 320. El recipiente de recogida de residuos 353 se proporciona para recoger o recibir materia de la sangre transferida a través de la membrana semipermeable en el filtro 320 y/o para recibir el fluido de procesamiento utilizado después de haber pasado a través del filtro 320. La cuarta bomba 346 se conecta a la línea de recogida de residuos 342 para mover el fluido corporal desde el filtro 320 al recipiente de recogida de residuos 353. El cuarto sensor de presión 354 se sitúa también en la línea de recogida de residuos 342 con el fin de supervisar la presión en la cámara secundaria del filtro 320.

La unidad de filtración 320, las líneas de tubo de circulación y los otros componentes en los circuitos de circulación primario y secundario 312 y 340 descritos en la presente memoria (con la excepción, por ejemplo, de las bombas y quizás algunos otros elementos) se pueden formar como una unidad integral, reemplazable (por ejemplo, un equipo sanguíneo extracorpóreo). Un ejemplo de una unidad reemplazable integral de este tipo se describe con mayor detalle en la Patente de Estados Unidos n.º 5.441.636 titulada Módulo de fluido de tratamiento sanguíneo integrado (véase también, la Patente de Estados Unidos n.º 5.679.245, titulada Dispositivo de retención para el aparato de tratamiento extracorpóreo).

Como se puede apreciar de forma general a partir de las Figuras 2A-2B, el módulo de tubos y filtro integrados (identificado por el número de referencia 372) incluye el filtro 320 y todos los tubos y los componentes relacionados descritos anteriormente que sean conectables a un aparato 360. Por ejemplo, el filtro y los tubos se pueden retener en un elemento de soporte 374 de plástico que es, a su vez, conectable a un aparato 360 (por ejemplo, conectable a la carcasa del sistema 393 del aparato 360). Cuando en la posición de funcionamiento conectado al aparato 360, las líneas de tubo flexibles que conducen el fluido hacia y desde la unidad de filtración 320 se mantienen en funcionamiento, los lazos de comunicación para el funcionamiento de la bomba contactan con los elementos de bombeo peristáltico de las bombas 324, 344, 346 y 366 para provocar que el fluido circule a través de los circuitos primario (sangre) y secundario (fluido de procesamiento) 312 y 340. El módulo 372, que incluye el filtro 320 y todas las líneas de tubo y los componentes de circulación asociados pueden ser desechables después de su utilización. Los elementos de bombeo peristáltico de las bombas 324, 344, 346 y 366 se pueden disponer de forma fija en el aparato 360 (sin los componentes de los lazos de tubo desechables) y se pueden reutilizar. En general, los componentes eléctricos, mecánicos o electromecánicos se disponen también de forma fija en o sobre el aparato 360 (por ejemplo, conectables a la carcasa del sistema 393 del aparato 360). Ejemplos de dichos componentes incluyen la pantalla de visualización 361, el detector de burbujas 326, las abrazaderas de línea 331 y el aparato de conexión para acoplar a las partes laterales del transductor del aparato cápsula de presión utilizado para implementar los sensores de presión 327, 328, 329 y 354 según se describirá en la presente memoria.

Las mediciones de los sensores de presión 327, 328, 329 y 354 se pueden utilizar para una o más diversas funciones de control (por ejemplo, utilizadas por el aparato 360 en la supervisión interna para tomar decisiones internas y/o ajustes automáticos para modificar los parámetros de circulación de fluido). La presente descripción no se limita a la manera en que las mediciones del sensor de presión son utilizadas por el sistema en el que están presentes.

Uno o más de los sensores de presión 327, 328, 329 y 354 se proporcionan con la utilización de un aparato cápsula de presión de un tipo diafragma según se ha descrito en la presente memoria, por ejemplo, con referencia a la Figura 1. Uno o más de los sensores de presión 327, 328, 329 y 354 utilizados se pueden separar en dos partes distintas, porque los segmentos de tubo 314, 316 y 342 y todos los demás componentes de circulación que entran en contacto con la sangre y/o productos de desecho de la sangre son preferiblemente desechables. Como tal, al menos los componentes del lado de la sangre de estos sensores de presión (por ejemplo, el aparato cápsula de presión 12 de cada sensor según se muestra en la Figura 1) son por lo tanto también, al menos en una forma de realización, desechables (por ejemplo, parte del equipo sanguíneo extracorpóreo 372). Los transductores eléctricos son de forma general caros y por lo tanto es deseable que estén incorporados en el aparato 360; y por lo tanto, sean reutilizables.

Por ejemplo, según se muestra en la Figura 1, un sensor de presión con componentes desechables puede incluir una parte desechable, tal como el aparato cápsula de presión 12 que incluye el cuerpo cápsula de presión 11 (por ejemplo, una, cubierta de plástico, rígida a veces denominada como una "cápsula"). El aparato cápsula de presión 12 incluye el diafragma 14 dispuesto en su interior que separa el cuerpo cápsula 11 en dos compartimientos estancos a los fluidos o cavidades 17 y 13. La entrada 15 y la salida 16 abiertas en la cavidad 17 para permitir que el líquido circule hacia y a través de la cavidad 17 (también denominada en la presente memoria como la cavidad lateral del líquido). La otra cavidad 13 en el lado opuesto del diafragma 14 tiene al menos un punto de acceso (por ejemplo, de forma general, sólo un punto de acceso) para permitir la comunicación fluida con ella (por ejemplo, para la comunicación de un gas seco tal como el aire con la cavidad 13 (aunque también se pueden utilizar los transductores húmedo/húmedo con el aparato cápsula de presión 12)). Esta cavidad 13 también se denomina en la presente memoria como la cavidad o compartimiento lateral del transductor porque un transductor está en comunicación de detección de presión con el aire (por ejemplo, un gas seco) en este lado del diafragma del transductor 14. Según se utiliza en la presente memoria, se utilizan indistintamente el aire, el gas y el gas seco.

Al menos en una forma de realización, el aparato cápsula de presión 12 que incluye el diafragma 14 es la parte desechable del sensor de presión (por ejemplo, el sensor de presión 327, 328, 329 y 354). Cuando el aparato cápsula de presión 12 se utiliza con el aparato 360, el aparato 360 puede incluir un receptáculo de acoplamiento correspondiente (por ejemplo, como parte de un aparato de conexión) en y/o al que se conecta cada aparato cápsula desechable 12 (por ejemplo, siendo el receptáculo de acoplamiento mostrado de forma general por el aparato de conexión 40 en la Figura 1 proporcionado y/o montado en la carcasa del sistema 27) que pone la cavidad lateral del transductor 13 en comunicación fluida con, por ejemplo, un transductor de detección de presión dispuesto en el aparato 360. Además, la cavidad lateral del transductor 13 puede también simultáneamente ser puesta en comunicación fluida con una unidad de control interno/ sistema de tubos de fluido (véase, por ejemplo, la Figura 3).

El líquido que circula a través de la cavidad del lado de circulación 17 de un aparato cápsula de presión 12 de este tipo tiene una presión de fluido inherente que actúa en el diafragma 14 moviéndolo. Cuando el diafragma se mueve, el diafragma o bien comprime o bien permite la expansión del gas seco/líquido en la cavidad lateral del transductor 13 (por ejemplo, en el lado del transductor del diafragma 14). La compresión del líquido en la cavidad lateral del transductor 13 se muestra de forma general utilizando la línea discontinua 19 en la Figura 1 y la expansión del fluido en la cavidad lateral del transductor 13 se muestra de forma general utilizando la línea discontinua 18 en la Figura 1. La presión del fluido comprimido o expandido se detecta mediante el transductor de presión correspondiente en el interior del aparato de control 360. Un transductor de este tipo se muestra esquemáticamente como transductor de presión 28 en la Figura 1. El transductor de presión 28 convierte la presión detectada en una señal eléctrica que se envía a un controlador, tal como el controlador 34 mostrado en la Figura 1 (por ejemplo, una unidad de microprocesamiento eléctrica en el aparato de control 360 para el análisis de las señales o para la interpretación de la señal como un valor de presión), que puede a continuación procesar la señal para su visualización, almacenamiento o utilización por el software (o hardware) para los cálculos o para llevar a cabo cualquier otra funcionalidad. El mismo o diferente controlador o unidad de procesamiento del aparato 360 se puede utilizar para procesar señales del sensor de posición 32 para proporcionar señales de control para recolocar el diafragma 14 del aparato cápsula de presión 12 hacia una posición de medición centrada (por ejemplo, a través del control de una bomba de aire del aparato 360 que corresponde a la bomba de aire 36 mostrada en la Figura 1).

El aparato de conexión 40 según se muestra en la Figura 1, por ejemplo, proporciona como parte de la carcasa del sistema 27 o montado sobre la misma (por ejemplo, un receptáculo de acoplamiento tal como un receptáculo montado en la carcasa del sistema 393 del aparato 360 según se muestra en las Figuras 2A- 2B), puede ser de cualquier configuración adecuada para utilizarse en acoplar con el aparato cápsula de presión 12 y poner la cavidad lateral del transductor 13 en comunicación fluida con, por ejemplo, un transductor de detección de presión 28 (por ejemplo, un transductor de detección de presión dispuesto en el aparato 360 acoplado mediante tubos al aparato de conexión 40). Por ejemplo, dichos aparato cápsula de presión 12 y aparato de conexión 40 de acoplamiento (por ejemplo, los receptáculos) pueden incluir configuraciones como las mostradas en las Figuras 6-8. Sin embargo, se puede utilizar cualquier configuración adecuada del aparato cápsula de presión 12 y el aparato de conexión 40 de acoplamiento.

Al menos en una o más formas de realización, el aparato de conexión 40 incluye una estructura de retención para acoplar con y retener una o más partes del aparato cápsula de presión 12 en su interior (por ejemplo, mantener el aparato cápsula de presión en una posición fija estable, pero siendo aún eliminable del receptáculo). Además, por

ejemplo, un aparato de conexión 40 de este tipo puede proporcionar un puerto para conectar la cavidad lateral del transductor 13 al transductor de presión 28 contenido en la carcasa del sistema 27 cuando el cuerpo cápsula de presión 12 se monta en la carcasa del sistema 27 mediante el aparato de conexión 40. Además, por ejemplo, el sensor de posición 32 se puede proporcionar como parte de o colocado en el aparato de conexión 40 según se describirá en la presente memoria.

En otras palabras, el aparato cápsula de presión 12 puede ser de una o más diversas configuraciones. Por ejemplo, el cuerpo cápsula 11 puede tomar cualquier forma siempre que un diafragma 14 separe la cavidad lateral del líquido 17 de la cavidad lateral del transductor 13 y permita la transferencia eficaz de la presión de la circulación de líquido en la cavidad lateral del líquido 17 a la cavidad lateral del transductor 13. Por ejemplo, la forma del cuerpo puede ser cilíndrica de forma general y extenderse a lo largo de eje 39 según se muestra en la Figura 1. En una configuración cilíndrica de este tipo, la parte cuerpo cápsula 22 puede incluir una superficie cóncava 53 de forma general que se extiende a lo largo del eje 39 orientada hacia el diafragma 14 y separada una distancia del mismo. Además, la parte cuerpo base 24 puede incluir una superficie cóncava 55 de forma general que se extiende a lo largo del eje 39 orientada hacia el diafragma 14 y separada una distancia del diafragma 14.

Por ejemplo, en una o más formas de realización, el cuerpo cápsula de presión 11 se puede formar de uno o más componentes o partes de la misma sellados juntos o puede ser una estructura unitaria. Por ejemplo, la parte cuerpo cápsula 22 puede ser un componente cuerpo independiente que tenga una superficie sellada contra una parte cuerpo base 24 independiente y que sujete el diafragma 14 entre las mismas. Además, uno o más cuerpos cápsula de presión se pueden incorporar en la misma carcasa con cada uno de dichos cuerpos cápsula de presión que tienen o bien la misma o bien diferente forma (por ejemplo, la misma forma interna con el mismo diafragma).

Además, el cuerpo cápsula de presión 11 se puede formar de cualquier material adecuado tal como un polímero (por ejemplo, cloruro de polivinilo, policarbonato, polisulfona, etc.). Además, el material puede ser ópticamente transparente para permitir a un usuario ver la posición del diafragma.

Las Figuras 6A a 6C muestran una vista en perspectiva superior estallada, una vista en perspectiva inferior estallada y una vista lateral estallada de una forma de realización de un aparato cápsula de presión 412 de ejemplo. El aparato cápsula de presión 412 incluye un cuerpo cápsula de presión 411 que incluye al menos una parte cuerpo cápsula 422 y una parte cuerpo base 424. Por ejemplo, la parte cuerpo cápsula 422 que define al menos una parte de la cavidad lateral del líquido 417 (véase la Figura 8) puede incluir una parte de sujeción anular 454 que se extiende desde un borde anular 458 hacia dentro hacia el eje 439. Una parte cóncava 453 de forma general (por ejemplo, que incluye una superficie interior 474 junto a la cavidad lateral del líquido 417) se sitúa hacia dentro de la región de sujeción anular 454 con relación al eje 439. La parte cóncava 453 de forma general o sección de cúpula que termina en la región de sujeción anular 454 a lo largo del eje 439 (por ejemplo, una parte cóncava de forma general orientada hacia la parte cuerpo base 424 y que se extiende a lo largo del eje 439 con su centro en el eje 439) incluye una entrada 415 y una salida 416 que se extienden desde la parte cuerpo cápsula 422 (por ejemplo, desde la parte cóncava 453 de forma general) para permitir, por ejemplo, la conexión del tubo a la misma y proporcionar una trayectoria para que el líquido entre y salga de la cavidad lateral del líquido 417. Por ejemplo, cada una de la entrada 415 y la salida 416 incluye un elemento cilíndrico 435 que define una superficie interior 431 para acoplarse con un tubo. El elemento cilíndrico 435 también incluye una superficie externa 437 configurada para acoplarse con el aparato de conexión (por ejemplo, de forma que se acople con la estructura de retención de un receptáculo tal como el mostrado en las Figuras 7-8).

La parte cuerpo base 424, por ejemplo, que define al menos una parte de la cavidad lateral del transductor 413 (véase, la Figura 8) puede incluir una parte de sujeción anular 456 que se extiende desde un borde anular 459 hacia dentro hacia el eje 439. Una parte cóncava 455 de forma general (por ejemplo, que incluye una superficie interior 475 junto a la cavidad del transductor 413) se sitúa hacia el interior de la región de sujeción anular 456 con respecto al eje 439. La parte cóncava 455 de forma general o sección de cúpula que termina en la región de sujeción anular 456 a lo largo del eje 439 (por ejemplo, una parte cóncava de forma general orientada hacia la parte cuerpo cápsula 422 y que se extiende a lo largo del eje 439 con su centro en el eje 439) incluye un puerto cilíndrico 471 que incluye una abertura de acceso 470 (por ejemplo, definida a través de la parte cóncava 455 de forma general) para permitir, por ejemplo, la comunicación fluida entre la cavidad lateral del transductor 413 y un transductor de presión proporcionado como parte del sistema de procesamiento de fluido (por ejemplo, como parte del aparato de control 360 mostrado en las Figuras 2A-2B). Por ejemplo, el puerto 471 puede incluir una superficie interior 477 que puede recibir una parte de un aparato de conexión (por ejemplo, tal como para acoplarse con un receptáculo tal como el que se muestra en las Figuras 7-8). Además, por ejemplo, el puerto 471 puede incluir una superficie exterior 478 que puede acoplarse con una parte de un aparato de conexión (por ejemplo, tal como para acoplarse con un receptáculo tal como el mostrado en las Figuras 7-8). Además, el acoplamiento entre el puerto 471 y el aparato de conexión puede proporcionar un sello entre los mismos (por ejemplo, tal que la cavidad lateral del transductor 413 sea una cavidad estanca a los fluidos (por ejemplo, al tomar en consideración los otros componentes de detección de presión tales como los tubos, las bombas, etc.). Un sello de este tipo se puede proporcionar de cualquier manera adecuada, tal como con la utilización de un dispositivo de sellado (por ejemplo, una junta tórica, material de sellado, etc.).

El aparato cápsula de presión 412 incluye además el diafragma 414. Por ejemplo, el diafragma 414 incluye una región de sujeción anular 463 que se extiende desde un borde anular 462 hacia dentro hacia el eje 439. Una parte

de desviación 461 (por ejemplo, que incluye una primera superficie 482 junto a la cavidad lateral del transductor 413 y una segunda superficie 481 junto a la cavidad lateral del líquido 417) se sitúa hacia el interior de la región de sujeción anular 463 con respecto al eje 439. La parte de desviación 461 puede incluir una predisposición tal que incluya una o más regiones que se extienden más allá en la cavidad lateral del transductor 413 que otras regiones de la misma, o una predisposición tal que incluya una o más regiones que se extienden más allá en la cavidad lateral del líquido 417 que otras regiones, que pueden denominarse como una protuberancia del diafragma (por ejemplo, una región anular 484 de la parte de desviación 461 se extiende en la cavidad lateral del transductor más allá que una región central 485 en el eje 439 según se muestra en la Figura 6, o para otras configuraciones este se puede invertir según se muestra en la Figura 8). Dependiendo de si la presión a medir es positiva o negativa, la protuberancia del diafragma se puede colocar en una dirección específica que de un mayor intervalo en el intervalo de presión de interés (por ejemplo, ya sea positivo o negativo). La región de sujeción anular 463, cuando el aparato cápsula de presión 412 está montado, se sujeta entre la región de sujeción anular 456 de la parte cuerpo base 424 y la región de sujeción anular 454 de la parte cuerpo cápsula 422 para formar las cavidades 413 y 417 en ambos lados del diafragma 414. Cualesquiera procesos y materiales adecuados se pueden utilizar para proporcionar un montaje de este tipo (por ejemplo, adhesivos, procesamiento térmico, etc.).

Las Figuras 7A-7B muestran una vista en perspectiva estallada y una vista inferior de un aparato de conexión 540 que puede montarse en una carcasa del sistema (por ejemplo, tal como la carcasa del sistema 27 mostrada en la Figura 1 o la carcasa del sistema 393 de las Figuras 2A-2B) para conectar un aparato cápsula de presión (por ejemplo, proporcionado como parte de un equipo sanguíneo extracorpóreo desechable), tal como el aparato cápsula 412 mostrado en las Figuras 6A-6C, a un sistema de procesamiento de fluido (por ejemplo, tal como el sistema de procesamiento de fluido 360 mostrado en las Figuras 2A-2B). La Figura 7C es una sección transversal del aparato de conexión 540 mostrado en la Figura 7B tomada en la línea C-C.

Por ejemplo, el aparato de conexión 540 puede incluir un receptáculo 545 configurado para acoplarse con un aparato cápsula de presión (por ejemplo, retener el aparato cápsula de presión 412 en el mismo en una posición fija particular), y un aparato de montaje 550 para montar el receptáculo de acoplamiento 545 con respecto a una carcasa del sistema (véase la carcasa del sistema 555 de trazos en la Figura 7C). Por ejemplo, el aparato de montaje 550 puede incluir una estructura de montaje interna 552 para recibir al menos una parte del receptáculo de acoplamiento 545 (por ejemplo, el puerto 560) en una abertura 557 definida en el mismo alineada con una abertura definida en la carcasa del sistema 555. Además, el aparato de montaje 550 puede incluir una estructura de conexión interna 553 (por ejemplo, tubos y conectores de tubo que se acoplan con una parte del receptáculo de acoplamiento 545 (por ejemplo, el puerto 560) cuando se inserta a través de la abertura 557 de la estructura de montaje interna 552 para permitir la comunicación fluida desde el interior de la carcasa del sistema 555 a la cavidad lateral del transductor 417 del aparato cápsula de presión 412. El montaje del receptáculo de acoplamiento 545 en la carcasa se puede implementar con la utilización de al menos uno de la estructura de montaje interna 552 que se monta en la carcasa del sistema 555 (por ejemplo, a través de uno o más cierres que utilizan las aberturas 559), la estructura de conexión interna 553, el ajuste de interferencia entre una parte del receptáculo de acoplamiento 545 con la estructura de montaje interna 552 (por ejemplo, un ajuste de interferencia entre una parte del puerto 560 dentro de la abertura 557 definida en la estructura de montaje interna 552) o de cualquier otra manera adecuada para proporcionar un receptáculo de acoplamiento fijo 540 en la carcasa del sistema 555 y/o con relación al mismo. Además, por ejemplo, una junta tórica 558 u otro dispositivo de sellado adecuado se puede utilizar para evitar el acceso de líquido en el interior de la carcasa del sistema 555.

El receptáculo de acoplamiento 545 puede incluir una parte cuerpo anular 580 que se extiende a lo largo de eje 590 que define una región de recepción 581 para recibir una parte del aparato cápsula de presión 412 (por ejemplo, para recibir al menos una parte de la parte cuerpo cápsula 424 del mismo). El puerto 560 (por ejemplo, una estructura alargada que proporciona un canal de fluido 572 a través de la misma) se puede extender a lo largo del eje 590 a través de la parte cuerpo anular 580 desde una primera región extrema 575 hasta una segunda región extrema 577. La primera región extrema 575 se configura para acoplar con el puerto 471 del aparato cápsula de presión 412 (por ejemplo, acoplarse con la superficie interior 477 del mismo). Por ejemplo, el acoplamiento entre el puerto 471 y la primera región extrema 575 del puerto 560 puede proporcionar un sello entre los mismos (por ejemplo, tal que la cavidad lateral del transductor 413 sea una cavidad estanca a los fluidos (por ejemplo, cuando se toman en consideración los otros componentes de detección de presión, tales como los tubos, las bombas, etc.). Por ejemplo, se pueden proporcionar uno o más sellos de labio 573 en la primera región extrema 575 para acoplarse herméticamente con la superficie interior 477 del puerto 471 del aparato cápsula de presión 412. Sin embargo, dicho sello para proporcionar una conexión estanca a los fluidos se puede proporcionar de cualquier manera adecuada, tal como con la utilización de cualquier aparato de sellado en cualquiera de los componentes (por ejemplo, una junta tórica, material de sellado, etc.).

La segunda región extrema 577 se configura para acoplar con el aparato de conexión interna 553 (por ejemplo, acoplarse con una superficie interior 554). Por ejemplo, el acoplamiento entre el aparato de conexión interna 553 y la segunda región extrema 577 del puerto 560 puede proporcionar un sello entre los mismos (por ejemplo, de tal manera que el lado del transductor de los componentes del sensor de presión proporcione la comunicación fluida estanca entre la cavidad lateral del transductor 413 del aparato cápsula de presión 412 y un transductor de presión contenido con la carcasa del sistema 555. Por ejemplo, se pueden proporcionar una o más juntas tóricas 574 en la segunda región extrema 577 para acoplarse herméticamente con la superficie interior 554 del aparato de conexión

interna 553. Sin embargo, un sello de este tipo para proporcionar la conexión fluida estanca se puede proporcionar de cualquier manera adecuada, tal como con la utilización de cualquier aparato de sellado en cualquiera de los componentes (por ejemplo, una junta tórica, material de sellado, etc.).

5 El receptáculo de acoplamiento 545 también puede incluir una estructura de retención 570 para acoplar y retener una o más partes del aparato cápsula de presión 412 en el mismo (por ejemplo, mantener el aparato cápsula de presión en una posición fija estable). Por ejemplo, según se muestra en las Figuras 7A y 7C, la estructura de retención 570 puede incluir elementos en forma de U 592 y 593 colocados en relación con y/o extendiéndose desde la parte cuerpo anular 580 a una distancia del eje 590. Dichos elementos en forma de U 592-593 definen las aberturas acanaladas 594-595 que están abiertas en direcciones opuestas y que se extienden a lo largo de un eje 10 591 (por ejemplo, un eje 591 que es ortogonal al eje 590). Las aberturas acanaladas 594-595 se configuran para recibir una parte de cada una de la entrada 415 y salida 416 (por ejemplo, que también se extienden a lo largo de un eje), respectivamente (por ejemplo, recibir la superficie exterior 437 de cada elemento cilíndrico 435 configurada para acoplarse dentro de las respectivas aberturas acanaladas 594-595 de la estructura de retención 570 (por ejemplo, después de alinear el eje 439 del aparato cápsula de presión 412 con el eje 590 del receptáculo 545 y 15 empujar y/o girar el aparato cápsula de presión 412 alrededor del eje 590 de manera que la superficie exterior 437 de cada elemento cilíndrico 435 se acople dentro de las respectivas aberturas acanaladas 594-595 de la estructura de retención 570). Sin embargo, pueden utilizarse cualesquiera configuraciones de acoplamiento adecuadas que proporcionen una colocación estable del aparato cápsula de presión 412 en la carcasa del sistema y la presente descripción no está limitada únicamente por las configuraciones de acoplamiento descritas en la presente memoria.

20 Las Figuras 8A-8B muestran una primera vista en sección transversal lateral y una segunda vista en sección transversal en perspectiva (ortogonal a la primera vista en sección transversal lateral) de, por ejemplo, el aparato cápsula de presión 412 (tal como se muestra en las Figuras 6A-6C) montado en, por ejemplo, un aparato de conexión 540 (por ejemplo, montado en el receptáculo 545 tal como se muestra en las Figuras 7A-7C). Además, también se muestran los componentes para utilizar en detectar la posición según se describe en la presente memoria. La Figura 8C muestra una vista en perspectiva inferior de una parte del aparato de conexión 540 mostrado en las Figuras 8A-8B.

En otras palabras, por ejemplo, según se muestra en las Figuras 8A-8C, las superficies exteriores 437 de cada elemento cilíndrico 435 de la entrada y la salida 415, 416 del aparato cápsula de presión 412 se muestran como 30 estando recibidas dentro de las respectivas aberturas acanaladas 594-595 de la estructura de retención 570 de manera que el aparato cápsula de presión 412 se coloque de manera fija dentro del receptáculo 545 y con respecto a la carcasa del sistema 555. Las vistas en sección transversal del mismo muestran el diafragma 414 que separa la cavidad lateral del líquido 417 definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula 422 de la cavidad lateral del transductor 413 definida al menos en parte por la parte cuerpo base 424. Algunos componentes del aparato de conexión 540 se han eliminado de las Figuras 8A-8C para mostrar más fácilmente otros componentes (por ejemplo, 35 no se muestra el puerto 560 de tal manera que puedan verse más fácilmente los dispositivos de transmisión/recepción ópticos presentes en una o más formas de realización de los sistemas descritos en la presente memoria).

La Figura 3 es un diagrama ilustrativo que muestra una parte de un sistema de fluidos extracorpóreo (por ejemplo, tal como se puede utilizar en un sistema mostrado y descrito con referencia a las Figuras 2A-2B) incluyendo la 40 conexión de un aparato cápsula de presión 112 extraíble (tal como el aparato cápsula de presión 412 mostrado en las Figuras 6 y 8) a una carcasa del sistema 155 (por ejemplo, una carcasa del sistema que contiene uno o más transductores de presión, un controlador, válvulas, tubos, etc., tal como la carcasa 393 de las Figuras 2A-2B). El aparato de conexión (o punto de conexión) entre el aparato cápsula de presión 112 y la carcasa del sistema 155 (incluyendo a los componentes de la misma) se muestra en general como el aparato 121 (por ejemplo, dicho aparato de conexión 121 puede ser similar al utilizado para montar el aparato cápsula de presión 412 en el receptáculo de 45 acoplamiento 545 del aparato de conexión 540 mostrado en las Figuras 6-8 y tal como se puede asociar con el aparato 360 mostrado y descrito con referencia a las Figuras 2A-2B).

En una o más formas de realización, el aparato cápsula de presión 112 puede incluir un cuerpo cápsula de presión 111 que incluye al menos una parte cuerpo cápsula 122 y una parte cuerpo base 124 (por ejemplo, un cuerpo 50 cápsula de presión que se pueda acoplar en un receptáculo de acoplamiento). Según se muestra en la forma de realización de ejemplo de la Figura 3, un diafragma 114 (por ejemplo, una membrana flexible) separa la cavidad lateral del líquido 117 definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula 122 de la cavidad lateral del transductor 113 definida al menos en parte por la parte cuerpo base 24. La cavidad lateral del transductor 117 está en comunicación fluida con una entrada 115 y una salida 116 (por ejemplo, a través de las cuales circula el líquido 55 según se indica por las flechas 120). El diafragma 114 es desplazable desde una posición de medición centrada (por ejemplo, a lo largo del eje 139) en la cavidad lateral del líquido 117 hacia la parte cuerpo cápsula 122 según se muestra por la línea discontinua 118 y es desplazable desde la posición de medición centrada (por ejemplo, a lo largo de eje 139) en la cavidad lateral del transductor 113 hacia la parte cuerpo base 124 según se muestra por la línea discontinua 119. En otras palabras, el diafragma flexible 114 puede flexionarse según se muestra de forma 60 general por las posiciones 119 y 118.

Según se muestra en la forma de realización de ejemplo de la Figura 3, cuando está en uso, el líquido circularía dentro del circuito extracorpóreo entre la entrada 115 y la salida 116 del aparato cápsula de presión 112. La presión del líquido en la cavidad lateral del líquido 117 flexiona el diafragma 114 hasta que la presión o la fuerza en ambos lados del diafragma 114 se iguala. El diafragma 114 flexible se expande y contrae en base a la presión ejercida en la cavidad lateral del líquido 117 y la masa de gas en los tubos conectados y la cavidad lateral del transductor 113 (por ejemplo, la cavidad de aire), la presión atmosférica y la temperatura. Por ejemplo, según se muestra en la forma de realización de ejemplo de la Figura 3, para medir la presión ejercida por el fluido (por ejemplo, el líquido tal como la sangre) en la cavidad lateral del líquido 117, se conecta un transductor de presión 109 a través de una serie de tubos 110 y 111 a la cavidad lateral del transductor 113 (por ejemplo, a través de un puerto que define un canal 152 que se extiende a través del aparato de conexión 121), mientras que una válvula 104 (por ejemplo, una válvula de solenoide de 2 puertos/2 vías) se cierra. Por ejemplo, dichos tubos de conexión utilizados para conectar el transductor de presión 109 a la cavidad lateral del transductor 113, u otros tubos de conexión descritos o utilizados en la presente memoria, pueden estar hechos de un material polímero adecuado para evitar fugas en el intervalo de presión de -700 a 700 mm Hg.

Además, para detectar la presión en la cavidad lateral del líquido 117, el sistema de ejemplo mostrado en la Figura 3 también facilita recolocar de forma automática (por ejemplo, sin la intervención manual del usuario tal como un proceso de recolocación y/o comprobación descrito en la sección de antecedentes en la presente memoria) el diafragma 114 hacia la posición de medición centrada. Por ejemplo, según se describe además en la presente memoria, dicha recolocación se puede implementar mediante la detección de la posición del diafragma 114, generando una señal de control en base a la posición detectada del diafragma 114 y recolocando el diafragma 114 hacia la posición de medición centrada (por ejemplo, la posición utilizada para tomar las mediciones de presión utilizando un transductor de presión 109) en base a la señal de control. Para colocar el diafragma 114 en el centro, se puede infundir o extraer el aire utilizando una configuración de bombeo (por ejemplo, una bomba de aire 101 conectada a la cavidad lateral del transductor 113 a través de la válvula de solenoide 104 de 2 puertos/2 vías).

Por ejemplo, durante el estado desactivado de la válvula de solenoide 104, el volumen total de aire (V_1) asociado con la detección de presión (por ejemplo, en el circuito del sensor de presión), tal como en el transductor de presión 109, los tubos 110, 111, el canal de aire 152 y la cavidad 113 del aparato cápsula de presión 112, está sellado y no presenta fugas. En otras palabras, en esta forma de realización, el volumen total V_1 es el volumen de aire encerrado dentro del espacio abarcado dentro de los tubos 110, 111, el transductor de presión 109, el canal 152 y la cavidad lateral del transductor 113 asociados con el aparato cápsula de presión 112. A medida que la presión en la cavidad lateral del líquido 117 aumenta y disminuye el volumen de aire se comprimirá y expandirá de acuerdo con la ley del gas ideal y debido a la elasticidad del espacio cerrado.

La ley del gas ideal es la ecuación de estado de un gas ideal. Es una buena aproximación al comportamiento del gas bajo las condiciones de temperatura y presión a las que pueden estar expuestos el aparato cápsula de presión y el sistema. El estado de una cantidad de gas se determina por su presión, volumen y temperatura. La forma moderna de la ecuación es:

$$pV = nRT$$

donde p es la presión absoluta del gas; V es el volumen; n es la cantidad de sustancia; R es la constante del gas; y T es la temperatura absoluta. La elasticidad de la cámara cerrada se puede calcular como sigue:

$$C = V_c / Pa$$

donde C es la elasticidad de la cámara cerrada, V_c es el volumen de la cámara cerrada y Pa es la presión atmosférica.

El volumen de gas dentro del espacio cerrado sellado (V_1) asociado con los componentes del sensor de presión (por ejemplo, en el circuito del sensor de presión) se puede aumentar o disminuir mediante la adición o sustracción de moléculas de gas adicionales utilizando la bomba de aire 101. Por ejemplo, el aire se puede infundir en la cavidad de aire 113 del aparato cápsula de presión 112 utilizando la bomba de aire 101 mediante la apertura de la apertura de la válvula 104. La apertura de la válvula 104 conecta el volumen de la cavidad de la bomba (V_2) al volumen V_1 . Por ejemplo, este volumen V_2 puede ser el volumen de aire abarcado dentro de los tubos 102, 107, el filtro de aire 103 y la bomba de aire 101. Para evitar una acumulación de polvo con el tiempo, se puede colocar un filtro de partículas 103 en la salida de la bomba 101 y conectarlo a la bomba de aire 101 utilizando el tubo 102.

Si se infunde demasiado aire en la cavidad lateral del transductor 113 del aparato cápsula de presión 112, el diafragma 114 se distenderá hacia la cavidad lateral del líquido 117 (por ejemplo, el lado de la sangre) y, si es demasiado poco el aire que está presente se distenderá hacia la cavidad lateral del aire 113 del aparato cápsula de presión 112. Puesto que el diafragma 114 es flexible, su elasticidad efectiva será mayor y el cambio de presión para un volumen de infusión de aire dado será cero siempre que el diafragma 114 no ejerza tensión. Una vez que el diafragma entra en tensión o toca los lados del cuerpo cápsula 111, la elasticidad se reducirá radicalmente y a medida que se infunde aire, el gradiente del incremento de presión aumentará radicalmente.

Tal como, en la forma de realización de la Figura 3, antes de que la válvula de solenoide 104 se pueda abrir, la presión de la bomba (en el circuito de aire de la bomba según se mide por el transductor de presión 105) debe igualar la presión medida por el transductor de presión 109. De lo contrario un volumen de aire se puede infundir o extraer del volumen V_1 dando como resultado una recolocación del diafragma 114. Esto se evita mediante el control de la presión de la bomba utilizando el transductor de presión 105 como retroalimentación para equiparar la presión medida por el transductor de presión 109 antes de que la válvula 104 se abra. Por ejemplo, cuando la válvula de solenoide 106 está desactivada, el transductor de presión 105 se conecta a la bomba de aire 101, y cuando la válvula de solenoide 106 está activada, el transductor de presión 105 se conecta a la presión atmosférica.

En otras palabras, la presión dentro del circuito de la bomba de aire (por ejemplo, incluyendo la bomba de aire 101) se puede medir por separado utilizando el transductor de presión 105. Periódicamente se puede auto-poner a cero utilizando la válvula 106 (por ejemplo, una válvula de solenoide de 3 puertos/2 vías). La auto-puesta a cero del circuito de la bomba de aire puede incluir descargar el transductor de presión 105 a la atmósfera para reducir y/o eliminar las compensaciones de presión mediante la medición de la presión atmosférica directamente. Cuando un sensor de presión manométrica se conecta a la atmósfera y su referencia se conecta a la atmósfera, la presión leída debe ser 0. Los transductores de presión tienden a ser mucho más sensibles a la deriva por compensación más que por ganancia y utilizar la estrategia de leer la compensación del transductor de presión y restarla de todas las lecturas posteriores permite la eliminación de cualquier deriva por compensación cuando un dispositivo se precalienta. También permite la eliminación de cualquier compensación de la presión del transductor de presión 109 mediante la comparación con el transductor de presión 105 sin el requisito de la auto-puesta a cero independiente del transductor de presión 105. Cuando ambos transductores se conectan juntos, cualquier diferencia puede suponerse como que es un resultado de una deriva de la compensación. Con una estrategia de este tipo, si se emplean múltiples transductores de presión, se puede conectar un único circuito de bomba de aire a múltiples aparatos cápsula de presión asegurando una referencia común de presión utilizando un transductor de presión 105.

En otras palabras, al menos en una forma de realización, una primera etapa para centrar el diafragma 114 hacia una posición de medición centrada es asegurar la presión en el circuito de aire de la bomba (por ejemplo, descrito en la presente memoria como que incluye la bomba 101), medida por el transductor de presión 105 es la misma presión medida por el transductor de presión 109 para evitar una desviación a gran escala del diafragma 114 cuando la válvula 104 se abre al activarse. Tal desviación se puede producir si la presión del circuito de la bomba de aire medida por el transductor de presión 105 fuese significativamente mayor o menor que la presión medida por el transductor de presión 109 (el de la cavidad de aire 113 del aparato cápsula 112).

Según se describe en la presente memoria con referencia a la Figura 1, se pueden utilizar diversos sensores de posición para detectar la posición del diafragma 114 para su utilización en la recolocación del diafragma 114 a la posición central. Por ejemplo, aunque no se muestra en la Figura 3, dichos sensores de posición pueden incluir un sensor de proximidad tal como un sensor de proximidad electro-óptico o capacitivo para detectar la posición del diafragma 114. Se describirán diversas formas de realización con referencia a las Figuras 6-12 que facilitan la colocación y utilización de una diversidad de sensores de posición de este tipo. Sin embargo, se reconocerá que se pueden utilizar otros diversos tipos de sensores de posición para detectar la posición de diafragma 114 o cualesquiera de los diafragmas descritos en la presente memoria en cualesquiera otras formas de realización y la presente descripción no se limita a los sensores de posición descritos en la presente memoria o las configuraciones o ubicaciones de sensores de posición descritas en la presente memoria. Sin embargo, algunas pueden ser beneficiosas sobre otras.

Según se muestra en la forma de realización de la Figura 3, un controlador 125 (por ejemplo, dentro de la carcasa del sistema 155) se acopla con capacidad de funcionamiento para recibir una o más señales representativas de la posición del diafragma 114 (mostrada de forma general como la entrada 136 del sensor de posición al controlador 125) a partir de un sensor de posición (por ejemplo, el sensor de posición 122 mostrado en la Figura 4 como parte de la forma de realización de la Figura 3) para generar una señal de control en base a la misma para utilizar en la recolocación del diafragma 114 hacia la posición de medición centrada. El circuito de la bomba de aire de la Figura 3 se puede utilizar a continuación para recolocar el diafragma 114 hacia la posición de medición centrada en base a la señal de control generada por el controlador 125.

Por ejemplo, la Figura 4 muestra un diagrama de bloques de control que ilustra un controlador 125 de ejemplo en un lazo de control (por ejemplo, un lazo de realimentación) capaz de recolocar el diafragma 114 de un aparato cápsula de presión 112. La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de control de ejemplo que se puede implementar con el controlador 125 para recolocar el diafragma 114 del aparato cápsula de presión 112.

Según se muestra en la Figura 4, se ajusta un intervalo predeterminado de posiciones de diafragma aceptables relativas a la posición central (por ejemplo, el cual se puede denominar como la posición de medición centrada). Por ejemplo, $V_{superior}$ y $V_{inferior}$ pueden corresponder a las posiciones de medición centradas aceptables del diafragma 114 a las que el diafragma 114 se puede ajustar para los fines de tomar la medición de presión (por ejemplo, utilizando el transductor de presión 109).

El controlador 125, por ejemplo, un controlador de histéresis, puede comparar la posición detectada del diafragma 114 (por ejemplo, disponible utilizando el sensor de posición 122) al intervalo predeterminado y generar una señal de

control para controlar la bomba de aire 101 en base a la comparación. Por ejemplo, la posición detectada del diafragma 114 se puede proporcionar mediante la detección de la posición del diafragma 114 múltiples veces en múltiples giros de una bomba (véase el aparato 360 de las Figuras 2A-2B) facilitando la circulación del líquido a través de la cavidad lateral del líquido 117 desde la entrada 115 a la salida 116 y promediando la posición detectada del diafragma 114 en las múltiples veces. En otras palabras, en una o más formas de realización, dicha recolocación del diafragma se puede llevar a cabo cada vez que el sensor de posición detecta un cambio de posición del diafragma fuera de un límite de posición de medición (por ejemplo, $V_{superior}$ o $V_{inferior}$). En tal caso, la recolocación puede ocurrir inmediatamente después de dicha detección. Sin embargo, se puede utilizar cualquier manera de detectar la posición y/o procesar dichas mediciones de la posición de detección para proporcionar una medición de la posición del diafragma para su comparación con el intervalo. Por ejemplo, la recolocación del diafragma se puede llevar a cabo con un intervalo de una hora o en cualquier otro intervalo deseado.

Según se muestra en la Figura 5, en una forma de realización, el controlador 125 puede llevar a cabo la comparación mostrada en la misma para generar la señal de control para controlar la bomba 101. En esta forma de realización de ejemplo, el aparato de bombeo de aire puede incluir una bomba peristáltica que se puede accionar en sentido horario para infundir aire en la cavidad lateral del aire o del transductor o se puede accionar en sentido antihorario para eliminar el aire de la cavidad lateral del aire o del transductor. Por ejemplo, la medición de la posición del diafragma (V_{dia}) 270 se puede comparar con $V_{superior}$ y $V_{inferior}$ (bloques de decisión 272 y 274). Si V_{dia} es mayor que $V_{superior}$ entonces se genera una señal de control para encender la bomba 101 y accionar la bomba 101 en sentido antihorario (bloque 278) para extraer aire de la cavidad lateral del transductor 113. A continuación, se repite el proceso de comparación. Si V_{dia} es menor que $V_{inferior}$ entonces se genera una señal de control para activar la bomba 101 y accionar la bomba 101 en sentido horario (bloque 280) para infundir o añadir aire a la cavidad lateral del transductor 113. A continuación, se repite el proceso de comparación. Además, si V_{dia} es menor que $V_{superior}$ y mayor que $V_{inferior}$ (bloque 276), entonces se genera una señal de control para mantener la bomba 101 apagada (bloque 277). A continuación, se repite el proceso de comparación. Cada una de dichas señales de control se puede generar para recolocar el diafragma 114 hacia una posición de medición centrada (por ejemplo, dentro del intervalo de posiciones aceptables). Este proceso, en una forma de realización, se ejecuta con una velocidad menor que la velocidad de fuga del sistema o cambio de presión lo que provocará que el diafragma se mueva fuera de sus límites de posición esperados. Por ejemplo, y por simplicidad, la velocidad a la que se mide la posición se puede ajustar en un intervalo de 1 a 10 Hz y filtrar adecuadamente con un filtro de paso bajo para eliminar los efectos del ruido (por ejemplo, un filtro de paso bajo que tenga una frecuencia de corte de 0,1 Hz).

Por ejemplo, en una forma de realización, un intervalo objetivo de tensión específico se puede proporcionar en una memoria (por ejemplo, una memoria no volátil de acceso aleatorio (NVRAM)) asociada y accesible con el circuito electrónico del controlador 125. El intervalo objetivo de tensión se puede utilizar para la comparación con la posición detectada (por ejemplo, una señal de tensión) y se puede generar una señal de control para controlar la bomba de aire 101 para recolocar el diafragma 101 para asegurar que esté dentro del intervalo objetivo específico (por ejemplo, esté centrado). Por ejemplo, el intervalo objetivo de tensión de salida para un diafragma 114 correctamente colocado se puede ajustar a través de calibración realizada en el momento de la fabricación. Dichos límites del intervalo objetivo también se pueden restablecer en el campo (por ejemplo, tal como mediante la introducción en un menú de servicio y el ajuste de los límites en base a las desviaciones del diafragma máximas admisibles). Por ejemplo, el intervalo se puede ajustar como un porcentaje de las desviaciones máximas (por ejemplo, tocado fondo o alcanzado el tope) o después de su colocación inicial en base al examen de las velocidades de cambio de presión.

Además, por ejemplo, la circulación del líquido a través de la cavidad lateral del líquido 117 del aparato cápsula de presión 112 se puede generar mediante una bomba peristáltica. Una bomba peristáltica de este tipo genera circulación pulsátil que genera una señal de presión pulsátil que da como resultado una desviación pulsátil del diafragma 114. Para determinar la posición promedio del diafragma 114 durante dicha circulación pulsátil puede ser beneficioso filtrar la posición del diafragma detectada (por ejemplo, la tensión representativa de la posición). Por ejemplo, la posición del diafragma 114 se puede medir cada 20 ms y promediar cada cinco (5) giros de una bomba peristáltica utilizando un filtro (por ejemplo, un filtro boxcar). Esta posición promedio del diafragma se puede entonces alimentar al controlador de histéresis 125 que determina si el valor está dentro o fuera del intervalo de posiciones predeterminado (véase, por ejemplo, la Figura 5). Si el valor está dentro del intervalo de posiciones, el controlador de histéresis 125 no hace nada, pero si el valor se encuentra fuera del intervalo de posiciones, el controlador de histéresis 125 determina si se debe infundir o drenar el gas (por ejemplo, aire) desde el circuito que incluye la cavidad lateral del transductor 113.

La detección de la posición del diafragma 114 utilizando un sensor de posición 122 se puede implementar de una variedad de maneras utilizando una o más configuraciones de detección de posición diferentes. Por ejemplo, se utilizarán las Figuras 8A-8C para describir la implementación que utiliza uno o más sensores de posición electro-ópticos. Las Figuras 9-12 se utilizarán para describir la implementación que utiliza uno o más electrodos como parte de un sensor de proximidad capacitivo o de posición.

Por ejemplo, según se muestra en las Figuras 8A-8C, en una o más formas de realización, se proporciona un sensor electro-óptico 599 como parte del receptáculo de acoplamiento 545 del aparato de conexión 540. Por ejemplo, el sensor electro-óptico 599 puede incluir uno o más dispositivos transmisores ópticos 596 (por ejemplo, diodos emisores de luz que emiten radiación electromagnética en cualquier longitud de onda adecuada, incluyendo la luz

infrarroja (IR)) montados en la región de recepción 581 definida en el receptáculo 545 para emitir luz en la dirección de al menos el diafragma 414. Asimismo, por ejemplo, el sensor electro-óptico 599 puede incluir uno o más dispositivos de detección ópticos 596 (por ejemplo, diodos de detección de luz adecuados para detectar la radiación electromagnética reflejada de cualquier longitud de onda adecuada que corresponda a los dispositivos emisores de luz, incluyendo la luz infrarroja (IR)) montados en la región de recepción 581 definida en el receptáculo 545 para detectar la luz reflejada desde el diafragma 414. En una o más formas de realización, el material del diafragma se puede recubrir con un material reflectante de IR o se puede formar de un material reflectante de IR (por ejemplo, materiales reflectantes de IR tales como el dióxido de titanio, la plata, el oro, el aluminio, etc.). Por ejemplo, la utilización de dichos materiales reflectantes puede eliminar los posibles efectos que el medio líquido que circula en la trayectoria fluida de la cavidad lateral del líquido puede tener sobre la medición de la posición.

Por ejemplo, la disposición de medición puede tener al menos un transmisor de luz (por ejemplo, el diodo emisor de luz 596) para dirigir al menos un haz de luz sobre una parte del diafragma 414 bajo el control del controlador 125 y al menos un detector de luz (por ejemplo, el diodo detector de luz 597) para detectar la reflexión del haz de luz desde el diafragma 414 indicativo de la posición del diafragma 414. Bajo el control del controlador 125, la señal del detector de luz se muestrea según se desee para utilizarla en proporcionar una señal de medición representativa de la posición del diafragma 414. La señal de medición se utiliza entonces, por ejemplo, según se describe con referencia a las Figuras 4 y 5. Los conectores eléctricos se pueden utilizar para conectar los cables (mostrados en la Figura 8C) de los dispositivos ópticos a otros dispositivos (por ejemplo, el controlador) dentro de la carcasa del sistema 155.

En una o más formas de realización, se puede utilizar la demodulación síncrona para eliminar los efectos del ruido ambiental (por ejemplo, dicha metodología se describe en la Patente de Estados Unidos nº. 6.947.131). Por ejemplo, la demodulación síncrona amplifica sólo la diferencia entre el diodo emisor de luz (LED) estando encendido y estando apagado lo que elimina los efectos de la luz ambiental que estén presentes en ambas mediciones.

Se reconocerá que dichos componentes de sensores ópticos se pueden colocar en cualquier ubicación adecuada para facilitar la reflexión y detección de la luz desde el diafragma 414 (por ejemplo, con o sobre el receptáculo, o con o sobre cualesquiera otros componentes del sistema, tales como la carcasa del sistema). Además, en una o más formas de realización, la transmisión de luz a través del diafragma se puede utilizar para detectar la posición.

Se reconocerá que el sensor electro-óptico se puede proporcionar de cualquier manera adecuada. Las diversas ubicaciones y tipos de componentes descritos en la presente memoria no deben tomarse como una limitación al alcance de las configuraciones de dichos sensores capaces de proporcionar una señal de posición del diafragma para utilizar en recolocar el diafragma a una posición de medición centrada.

Además, por ejemplo, según se muestra en las Figuras 9-12, se puede proporcionar un sensor de proximidad capacitivo de una o más maneras diferentes para detectar la posición de un diafragma en un aparato cápsula de presión. Por ejemplo, la utilización de un sensor de proximidad capacitivo se muestra de forma general con referencia a la Figura 9. Según se muestra en la Figura 9, un diagrama ilustrativo que muestra una parte de un sistema de fluidos extracorpóreo (por ejemplo, tal como se puede utilizar en un sistema mostrado y descrito con referencia a las Figuras 2A-2B) incluye la conexión de un aparato cápsula de presión 612 a un receptáculo de acoplamiento de la cápsula de presión 640 (por ejemplo, un receptáculo de acoplamiento, tal como uno asociado con un aparato 360 mostrado y descrito con referencia a las Figuras 2A-2B). El aparato cápsula de presión 612 incluye un cuerpo cápsula de presión 611 que incluye al menos una parte cuerpo cápsula 622 y una parte cuerpo base 624 (por ejemplo, una parte cuerpo base que se acopla a un receptáculo de acoplamiento cápsula de presión 640).

Por ejemplo, en una forma de realización según se muestra en la Figura 9, la parte cuerpo base 624 que define al menos una parte de la cavidad lateral del transductor 613 puede incluir una sección cilíndrica 657 que se extiende a lo largo del eje 639 que termina en una sección base 658. Una brida anular 656 se puede extender desde la sección cilíndrica 657 más allá de la sección base 658 en la región exterior de la misma a una distancia desde el eje 639. La brida anular 656 puede incluir un dispositivo de sellado (por ejemplo, una junta tórica, material de sellado, etc.) haciendo asiento sobre o en una superficie interior 659 de la brida anular 656 con el objetivo de ensamblar y acoplar herméticamente la parte cuerpo base 624 en el receptáculo de acoplamiento 640 (por ejemplo, un cuerpo cilíndrico dimensionado para acoplarse con la parte cuerpo base 624) y para proporcionar una abertura a través de la cual puedan pasar uno o más componentes, tales como los cables para la fijación de un sensor de proximidad, un puerto 660 y/o los tubos para acceder a la cavidad lateral del transductor, etc.

Además, por ejemplo, en una forma de realización, según se muestra en la Figura 9, la parte cuerpo cápsula 622 que define al menos una parte de la cavidad lateral del líquido 617 puede incluir una sección cilíndrica 663 de forma general que se extiende a lo largo del eje 639 que termina en una sección de cúpula 665 (por ejemplo, una parte cóncava de forma general orientada hacia la parte cuerpo base y que se extiende a lo largo del eje 639, con su centro en el eje 639). Una entrada 615 y una salida 616 se extienden desde la parte cuerpo cápsula 622 para permitir, por ejemplo, la conexión del tubo a la misma y para proporcionar una trayectoria para el líquido para entrar y salir de la cavidad lateral del líquido 617.

Según se muestra en la forma de realización de ejemplo de la Figura 9, el diafragma 614 (por ejemplo, una membrana flexible) separa la cavidad lateral del líquido 617 definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula 622 de la cavidad lateral del transductor 613 definida al menos en parte por la parte cuerpo base 624. La cavidad lateral del transductor 617 está en comunicación fluida con la entrada 615 y una salida 616 (por ejemplo, a través del cual circula el fluido, según se indica por las flechas 620). El diafragma 614 es desplazable desde una posición de medición centrada (por ejemplo, a lo largo del eje 639) de la misma manera según se describe con respecto a otras formas de realización de la presente memoria. Además, las mediciones de presión se obtienen de una manera similar a otras formas de realización descritas en la presente memoria (por ejemplo, véase la descripción con referencia a la Figura 3).

Además de detectar la presión en la cavidad lateral del líquido 617, el sistema de ejemplo mostrado en la Figura 9 también facilita recolocar de forma automática (por ejemplo, sin la intervención manual del usuario tal como un proceso de recolocación y/o comprobación descrito en la sección de antecedentes en la presente memoria) el diafragma 614 hacia la posición de medición centrada utilizando un sensor de proximidad capacitivo. Por ejemplo, según se muestra en la misma, uno o más electrodos 680 se colocan cerca de la diana u objetivo (es decir, el diafragma 614) a detectar. En otras palabras, cada uno de los uno o más electrodos 680 y el diafragma 614 forman un "condensador". Un condensador de este tipo tiene una capacitancia de forma general que está dada por la ecuación:

$$C = \frac{\epsilon_0 K A}{d}$$

donde C es la capacitancia, ϵ_0 es la constante de la permitividad del espacio libre, K es la constante dieléctrica del material en el espacio de separación, A es el área de las placas y d es la distancia entre las placas. Puesto que el área del(de los) electrodo(s) 680 y el diafragma 614 de forma general permanecen constantes y el dieléctrico del material en el espacio de separación (por ejemplo, aire) también se mantiene constante, cualquier cambio en la capacitancia es el resultado de un cambio en la distancia entre el(los) electrodo(s) 680 y el diafragma 614. En otras palabras, la ecuación capacitiva anterior se puede simplificar a:

$$C \propto \frac{1}{d}$$

donde α indica una relación proporcional. Debido a esta relación proporcional, el sistema de detección capacitivo es capaz de medir los cambios en la capacitancia y traducir estos cambios en las mediciones de distancia.

Por ejemplo, en una o más formas de realización y según se conoce en los circuitos de detección de proximidad capacitivos, el uno o más electrodos 680 se pueden conectar a través de una resistencia de carga a un circuito oscilante que incluya, por ejemplo, un generador de ondas sinusoidales. La amplitud y la fase de la onda sinusoidal en el uno o más electrodos 680 se verán afectadas por la proximidad del diafragma 614 al uno o más electrodos 680 (por ejemplo, la capacitancia aumenta a medida que los electrodos se mueven más cerca del diafragma 614 y el nivel de la señal detectada disminuye al aumentar la capacitancia). En otras palabras, el nivel de tensión en los electrodos 680 será proporcional a $1/C$, según se indicó anteriormente. Se puede utilizar un detector (por ejemplo, un rectificador de diodos) para convertir la onda sinusoidal afectada a un nivel de CC que a continuación pueda ser operado por un filtro de paso bajo. El nivel de la señal detectada se puede equipar a la distancia y proporcionarse, por ejemplo, como una salida de la medición de distancia (por ejemplo, una señal representativa de la medición de distancia que se puede proporcionar a un controlador 625). Sin embargo, otras configuraciones de circuitos electrónicos de detección adecuadas se pueden utilizar para detectar de forma capacitiva la posición del diafragma.

El uno o más electrodos 680 utilizados para detectar la posición del diafragma 614 se pueden proporcionar y/o colocar en una variedad de maneras. Por ejemplo, dichos electrodos se pueden proporcionar como una parte del receptáculo utilizado para montar el aparato cápsula de presión 612 con relación a la carcasa del sistema 655, se pueden proporcionar como parte de un puerto que se extiende en la cavidad lateral del transductor 613, se pueden proporcionar como parte del aparato cápsula de presión 612 (por ejemplo, acoplados a o montados junto al mismo), se pueden proporcionar junto a la parte cuerpo base del aparato cápsula de presión 612 (por ejemplo, ya sea como parte del aparato cápsula de presión o en una ubicación junto al mismo).

Además, dicho uno o más electrodos 680 se pueden proporcionar de una o más formas diferentes, tales como un único electrodo, múltiples electrodos o mediante un panel de electrodos. Por ejemplo, un panel de electrodos se puede utilizar para que proporcione varios electrodos aptos para utilizar en proporcionar mediciones capacitivas representativas de la posición del diafragma 614.

En una forma de realización, el uno o más electrodos 680 se pueden proporcionar mediante un panel de electrodos junto a la sección de base 658 de la parte cuerpo base 624 del aparato cápsula de presión 612 según se muestra en la Figura 9 (por ejemplo, ya sea como parte del aparato de conexión 640 o el aparato cápsula de presión 612). Como tal, cuando el diafragma 614 se centra, el panel de electrodos está a una determinada distancia del diafragma

614 y se puede conectar a otros componentes de procesamiento (por ejemplo, amplificadores, circuito electrónico de control, etc.) a través de la línea de comunicación 623. En una forma de realización, el panel de electrodos y el diafragma 614 se extienden lo largo del eje 639 del cuerpo cápsula de presión 611, y el área de la sección transversal del panel de electrodos 680 ortogonal al eje 639 es, en esencia, la misma que el área de la sección transversal de la membrana 614 ortogonal al eje 639. Según se utiliza en este caso, en esencia la misma se refiere a un área de la sección transversal que está dentro del +/- 10 a 20 por ciento del otro área de la sección transversal.

El panel de electrodos 680 se puede proteger de las descargas electrostáticas, cubriendo toda la superficie del panel de electrodos 680 con una cubierta protectora 698 (por ejemplo, una cubierta formada de vidrio o polímero) según se muestra en la Figura 9. En una forma de realización, la cubierta 698 puede ser de un espesor tan bajo como 0,5 mm y tan alto como 6 mm. Además, en una forma de realización, la cubierta protectora 698 puede tener una constante dieléctrica alta tal que tenga sólo un pequeño efecto sobre la capacitancia. En una forma de realización, el panel de electrodos 680 se separa completamente de la sección cuerpo base 658 mediante el material altamente dieléctrico.

La Figura 12 es un diagrama esquemático para utilizar en describir una implementación de ejemplo de un sensor de proximidad capacitivo sin contacto que se puede utilizar en un sistema de recolocación de diafragma para recolocar un diafragma 614 de un aparato cápsula de presión 612 tal como el mostrado de forma general en la Figura 9. Por ejemplo, la Figura 12 muestra un amplificador para un sensor de proximidad que utiliza un panel de electrodos 680 sencillo y un plano de tierra como el sensor de proximidad. El dispositivo MC33941 704 disponible en Freescale Semiconductor utilizado normalmente para las pantallas táctiles de detección por proximidad genera una onda seno de baja frecuencia de radio con amplitud nominal 5,0 V pico a pico. La frecuencia se puede ajustar mediante una resistencia externa y optimizar para 120 kHz. Un multiplexor interno puede dirigir la señal a uno de los siete (7) terminales de electrodo 706 bajo el control de los terminales de entrada ABC 708. Un multiplexor receptor se puede conectar simultáneamente al electrodo seleccionado y dirigir su señal a un detector, que convierte la onda seno a un nivel de CC. El nivel de CC se puede filtrar mediante un condensador externo, multiplicar y compensar para aumentar la sensibilidad. Todas las salidas de electrodos se pueden conectar a tierra internamente mediante el dispositivo cuando no estén seleccionadas. La amplitud y la fase de la onda sinusoidal en los electrodos se pueden afectar por el diafragma 614 en la proximidad del mismo. La amplitud y la fase de la onda sinusoidal en los electrodos se pueden afectar mediante el diafragma 614 en la proximidad del mismo.

Se forma un "condensador" entre el electrodo de conducción (por ejemplo, uno de los electrodos del panel de electrodos 680) y el diafragma 614, formando cada uno una "placa" que mantiene la carga eléctrica. La tensión medida es una función inversa de la capacitancia entre el electrodo que se está midiendo, los electrodos de los alrededores y otros objetos (incluyendo el diafragma 614) en el campo eléctrico que rodea el electrodo. Aumentar la capacitancia da como resultado una disminución de la tensión. El valor de la resistencia en serie (por ejemplo, 22k ohm) se elige para proporcionar una relación casi lineal a 120 kHz en un intervalo de 10pF a 70pF. El electrodo que se está midiendo se puede seleccionar mediante el direccionamiento de tres líneas de selección digitales (A, B, C) y la salida analógica del MC33941 se lee mediante la unidad de microcontrolador (MCU) 710 (por ejemplo, un procesador de sistema) a través de un convertidor analógico-digital (ADC) de entrada al mismo (por ejemplo, que puede ser parte de controlador 625 según se muestra en la Figura 9). En otras palabras, el controlador 625 según se muestra en la Figura 9 (por ejemplo, incluyendo circuitos electrónicos de control tal como la MCU 710) accede a los datos de medición de los electrodos para procesar los mismos y generar una señal de control en base a la posición detectada del diafragma 614. El diafragma 614 se puede entonces recolocar hacia la posición de medición centrada en base a la señal de control.

En otra forma de realización, el uno o más electrodos 680 mostrados de forma general en la Figura 9 se pueden proporcionar según se muestra en la Figura 11. Por ejemplo, la Figura 11 muestra un aparato de conexión 540 (descrito previamente con referencia a las Figuras 7A-7C). Según se muestra en la Figura 11, uno o más electrodos 760 se pueden proporcionar en la primera región extrema 575 del puerto 560 para ser utilizados como parte del sensor de proximidad capacitivo (por ejemplo, situados a una distancia del diafragma cuando el aparato cápsula de presión se monta en la carcasa del sistema para proporcionar el condensador del sensor). Además, según se muestra en la Figura 11, uno o más electrodos 764 se pueden proporcionar en la región de recepción 581 definida en la parte cuerpo 580 del receptáculo 545 para ser utilizados como parte del sensor de proximidad capacitivo (por ejemplo, situados a una distancia desde el diafragma cuando el aparato cápsula de presión se monta en la carcasa del sistema para proporcionar el condensador del sensor). Por ejemplo, dichos electrodos se pueden utilizar tanto como parte de un sensor de proximidad capacitivo como se pueden utilizar solos. En otras palabras, sólo uno de los electrodos puede ser necesario para detectar la posición del diafragma (por ejemplo, el diafragma 614).

Todavía además, en una o más formas de realización, el uno o más electrodos 680 mostrados de forma general en la Figura 9 se pueden proporcionar según se muestra en la Figura 10. Por ejemplo, la Figura 10 muestra uno o más electrodos 794 como parte del aparato cápsula de presión 412 (descrito previamente con referencia a las Figuras 6A-6C). Según se muestra en la Figura 10, el uno o más electrodos 794 se pueden proporcionar junto a la superficie 455 de la parte cuerpo base 424. Por ejemplo, el uno o más electrodos pueden ser un único electrodo, electrodos múltiples o un panel de electrodos tal como se describió con referencia a la Figura 9 para utilizar como parte del sensor de proximidad capacitivo. Dichos electrodos se pueden acoplar al mismo de cualquier manera adecuada (por ejemplo, utilizando adhesivos, aparato de sujeción mecánica, etc.). El uno o más electrodos 794 se pueden separar de la parte cuerpo base 424 mediante un material dieléctrico 796 (por ejemplo, vidrio o polímero) según se muestra

5 en la Figura 10. En una forma de realización, el material 796 puede ser de un espesor tan bajo como 0,5 mm y tan alto como 6 mm. Además, en una forma de realización, el material dieléctrico 796 puede tener una constante dieléctrica alta tal que tenga sólo un pequeño efecto sobre la capacitancia. En una forma de realización, el uno o más electrodos 794 se pueden separar completamente de la parte cuerpo base 424 mediante el material altamente dieléctrico.

10 Se reconocerá que el uno o más electrodos para utilizar en el sensor de proximidad capacitivo se pueden proporcionar de cualquier manera adecuada. Las diversas ubicaciones y tipos de electrodos descritos en la presente memoria no deben tomarse como una limitación al alcance de las configuraciones de los sensores capacitivos capaces de proporcionar una señal de posición del diafragma para utilizar en recolocar la membrana a una posición de medición centrada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento extracorpóreo que incluye un sistema de medición de presión que comprende:
un cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) que comprende al menos una parte cuerpo cápsula y una parte cuerpo base;
- 5 un diafragma (14; 114; 414; 614) que separa una cavidad lateral del líquido definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula de una cavidad lateral del transductor definida al menos en parte por la parte cuerpo base, en donde la cavidad lateral del líquido está en comunicación fluida con una entrada y una salida, y además en donde el diafragma (14; 114; 414; 614) se puede desplazar desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del líquido hacia la parte cuerpo cápsula y se puede desplazar desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del transductor hacia la parte cuerpo base;
- 10 un transductor de presión (28; 109, 105) acoplado con capacidad de funcionamiento a la cavidad lateral del transductor tal que la presión del líquido cuando está presente en la cavidad lateral del líquido se transfiere a la cavidad lateral del transductor a través del diafragma (14; 114; 414; 614) y se puede medir mediante el transductor de presión (28; 109, 105);
- 15 un controlador (34; 125; 625); y
un aparato de bombeo (36; 101) acoplado con capacidad de funcionamiento al controlador (34; 125; 625) y la cavidad lateral del transductor;
- caracterizado por que:
el sistema comprende además un sensor de posición (32; 122) para detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614);
- 20 el controlador (34; 125; 625) se acopla con capacidad de funcionamiento al sensor de posición (32; 122) para recibir una o más señales representativas de la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) y para generar una señal de control en base a las mismas para utilizar en recolocar el diafragma (14; 114; 414; 614) hacia la posición de medición centrada; y
- 25 el aparato de bombeo (36; 101) se acopla con capacidad de funcionamiento al controlador (34; 125; 625) y la cavidad lateral del transductor para recolocar el diafragma (14; 114; 414; 614) a la posición de medición centrada en base a la señal de control generada por el controlador (34; 125; 625).
2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el sensor de posición (32; 122) es un sensor sin contacto configurado para medir la posición del diafragma (14; 114; 414; 614).
- 30 3. El sistema de la reivindicación 1 o 2, en donde el sensor de posición (32; 122) comprende al menos uno de un sensor de proximidad electro-óptico y un sensor de proximidad capacitivo.
4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el sistema comprende, además:
una carcasa del sistema para contener al menos el controlador (34; 125; 625) y el transductor de presión (28; 109, 105); y
- 35 un aparato de conexión para montar el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) en la carcasa del sistema, en donde el aparato de conexión comprende un puerto para conectar la cavidad lateral del transductor al transductor de presión (28; 109, 105) contenido en el carcasa del sistema cuando el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión, en donde el sensor de posición (32; 122) comprende un sensor de proximidad situado para detectar la posición del diafragma (14 ; 114; 414; 614) cuando el
- 40 cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión.
5. El sistema de la reivindicación 4, en donde el sensor de proximidad comprende un sensor de proximidad electro-óptico que comprende al menos un dispositivo transmisor óptico y un dispositivo detector óptico montado en el aparato de conexión para detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) cuando el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión; o
- 45 en donde el sensor de proximidad comprende un sensor de proximidad capacitivo que comprende uno o más electrodos situados junto a la parte cuerpo base del cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión.
6. El sistema de la reivindicación 5, en donde - en la alternativa donde el sensor de proximidad comprende un sensor de proximidad capacitivo que comprende uno o más electrodos situados junto a la parte cuerpo base del
- 50 cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) cuando el cuerpo cápsula de presión se monta en la carcasa del

sistema mediante el aparato de conexión - el sensor de proximidad capacitivo comprende uno o más electrodos acoplados a al menos una parte de la parte cuerpo base.

7. Un método de medición de presión que comprende:

5 proporcionar un cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) que comprende al menos una parte cuerpo cápsula y una parte cuerpo base, en donde un diafragma (14; 114; 414; 614) separa una cavidad lateral del líquido definida al menos en parte por la parte cuerpo cápsula de una cavidad lateral del transductor definida al menos en parte por la parte cuerpo base, en donde la cavidad lateral del líquido está en comunicación fluida con una entrada y una salida, y en donde además el diafragma (14; 114; 414; 614) puede desplazarse desde una posición de medición centrada en la cavidad lateral del líquido hacia la parte cuerpo cápsula y puede desplazarse desde la posición de medición centrada en la cavidad lateral del transductor hacia la parte cuerpo base;

10 detectar la presión de un líquido en la cavidad lateral del líquido entre la entrada y la salida, en donde la presión del líquido cuando está presente en la cavidad lateral del líquido se transfiere a la cavidad lateral del transductor a través del diafragma (14; 114; 414; 614);

caracterizado por que el método comprende, además

15 detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) utilizando un sensor de posición (32; 122);

generar una señal de control en base a la posición detectada del diafragma (14; 114; 414; 614); y

recolocar el diafragma (14; 114; 414; 614) hacia la posición de medición centrada en base a la señal de control.

8. El método de la reivindicación 7, en donde detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) utilizando el sensor de posición (32; 122) comprende medir la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) utilizando un sensor sin contacto.

9. El método de la reivindicación 7 o 8, en donde generar una señal de control en base a la posición detectada del diafragma (14; 114; 414; 614) comprende:

ajustar un intervalo predeterminado de posiciones aceptables del diafragma (14; 114; 414; 614) para detectar la presión;

25 comparar la posición detectada del diafragma (14; 114; 414; 614) al intervalo predeterminado; y

generar una señal de control en base a la comparación.

30 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde la detección de la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) utilizando el sensor de posición (32; 122) comprende detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) múltiples veces en múltiples giros de una bomba que facilita la circulación del líquido a través de la cavidad lateral del líquido desde la entrada a la salida y promediar la posición detectada del diafragma (14; 114; 414; 614) en las múltiples veces.

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en donde recolocar el diafragma (14; 114; 414; 614) hacia la posición de medición centrada comprende proporcionar gas a o eliminar gas de la cavidad lateral del transductor.

35 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en donde detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) utilizando el sensor de posición (32; 122) comprende utilizar un sensor de proximidad para detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614), en donde el sensor de proximidad comprende al menos uno de un sensor de proximidad electro-óptico y un sensor de proximidad capacitivo.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en donde el método comprende, además:

40 proporcionar una carcasa del sistema para contener al menos un controlador (34; 125; 625) para generar la señal de control y un transductor de presión (28; 109, 105) para detectar la presión del líquido en la cavidad lateral del líquido;

45 proporcionar un aparato de conexión para montar el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) en la carcasa del sistema, en donde el aparato de conexión comprende un puerto para conectar la cavidad lateral del transductor al transductor de presión (28; 109, 105) contenido en la carcasa del sistema cuando el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión;

montar el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) en la carcasa del sistema; y

utilizar el sensor de posición (32; 122) que comprende un sensor de proximidad para detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) cuando el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) se monta en la carcasa del sistema mediante el aparato de conexión.

- 5 14. El método de la reivindicación 13, en donde el sensor de proximidad comprende al menos uno de un sensor de proximidad capacitivo que comprende uno o más electrodos acoplados a al menos una parte de la parte cuerpo base, un sensor de proximidad capacitivo que comprende uno o más electrodos proporcionados cerca de un extremo del puerto situado junto o dentro de la cavidad lateral del transductor, un sensor de proximidad capacitivo que comprende un panel de electrodos colocado junto a la parte cuerpo base para detectar la posición del diafragma (14; 114; 414; 614) y un sensor de proximidad electro-óptico que comprende un dispositivo transmisor óptico y un dispositivo detector óptico montado en el aparato de conexión.
15. El sistema o método de cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en donde el cuerpo cápsula de presión (11; 111; 411; 611) se proporciona como parte de un equipo sanguíneo extracorpóreo desechable.

10

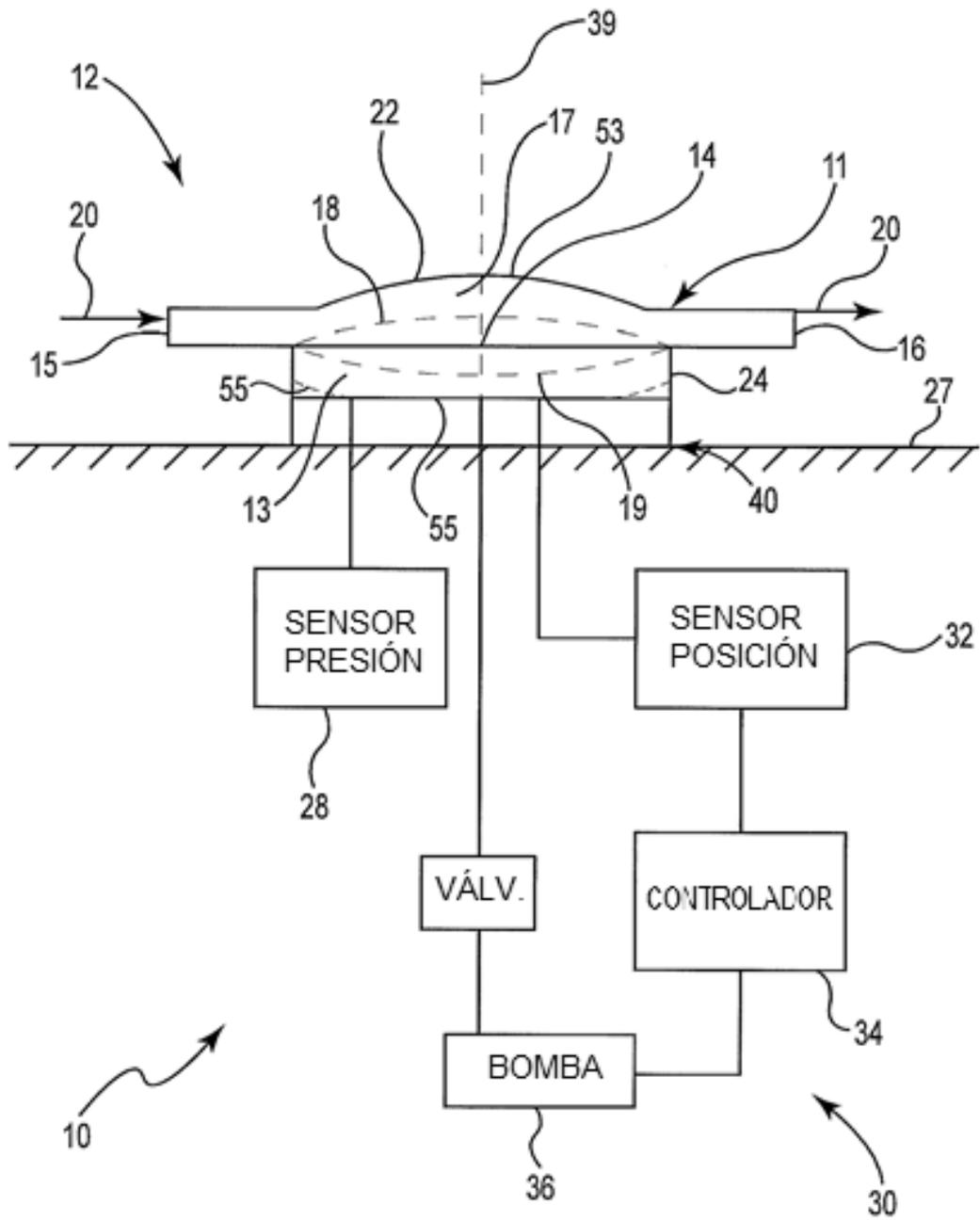


Fig. 1

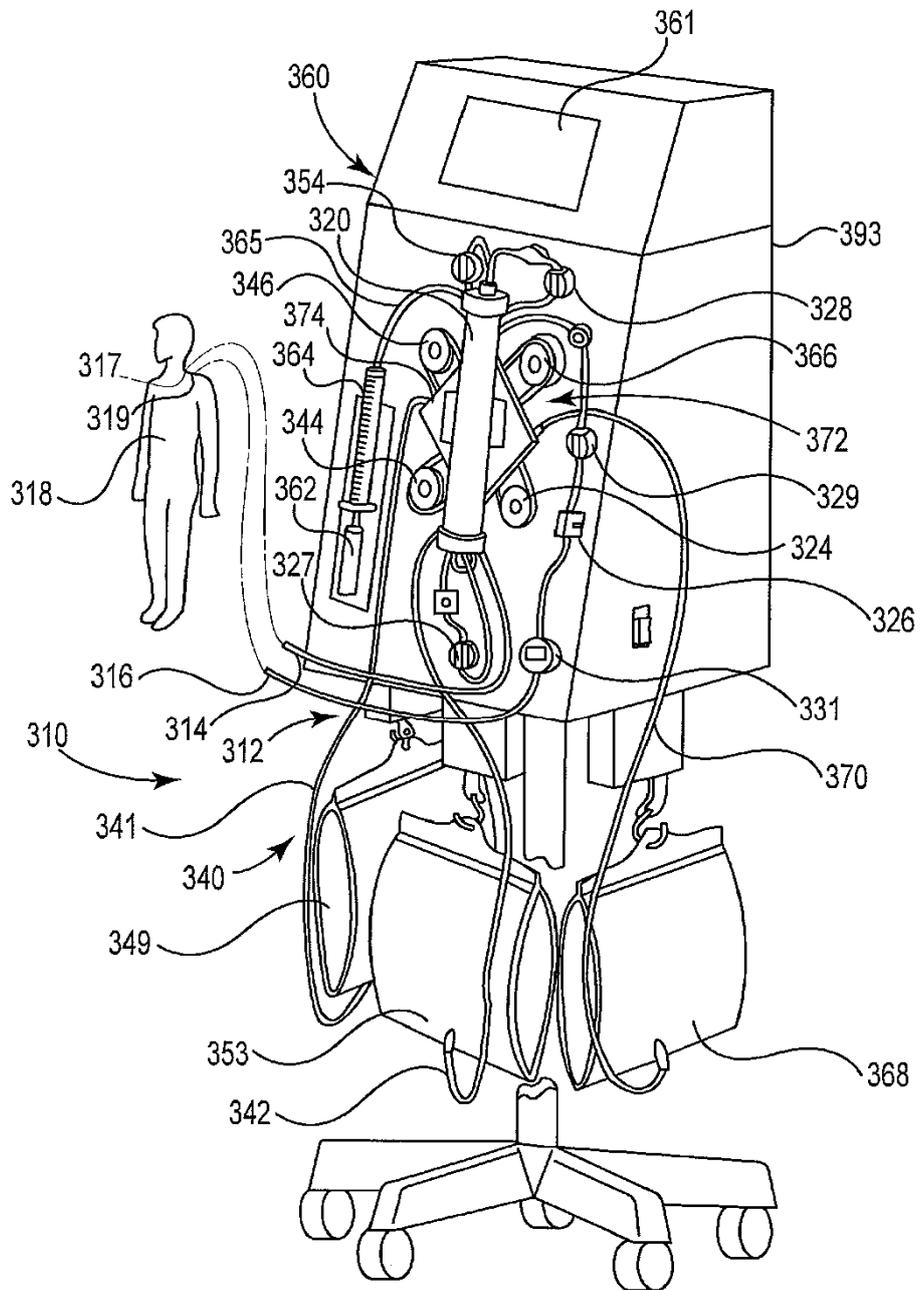


Fig. 2A

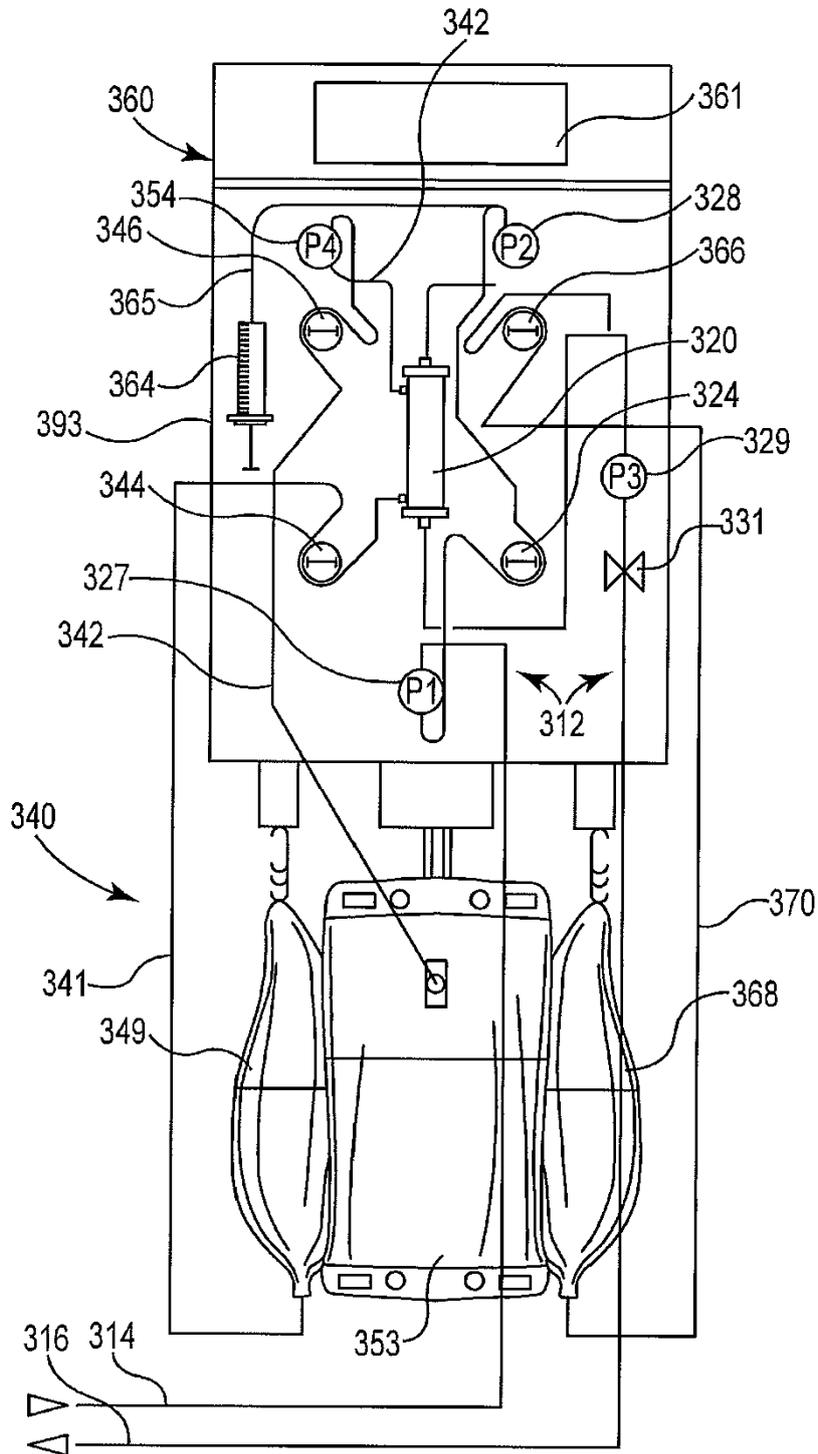


Fig. 2B

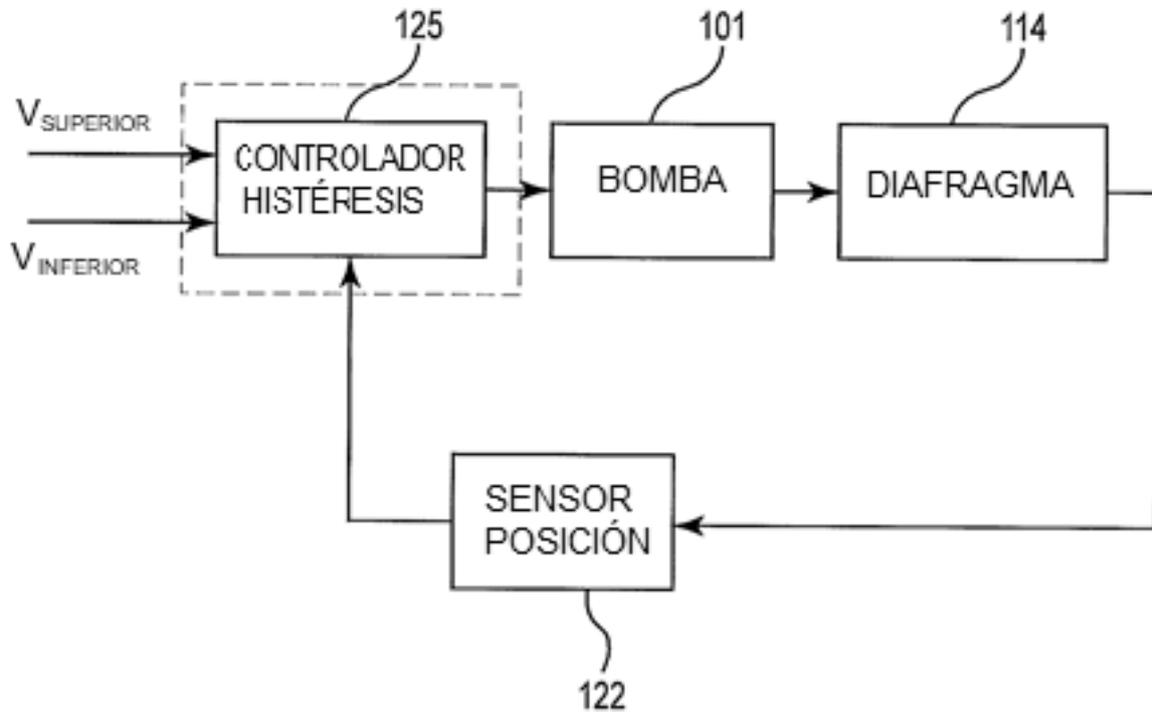


Fig. 4

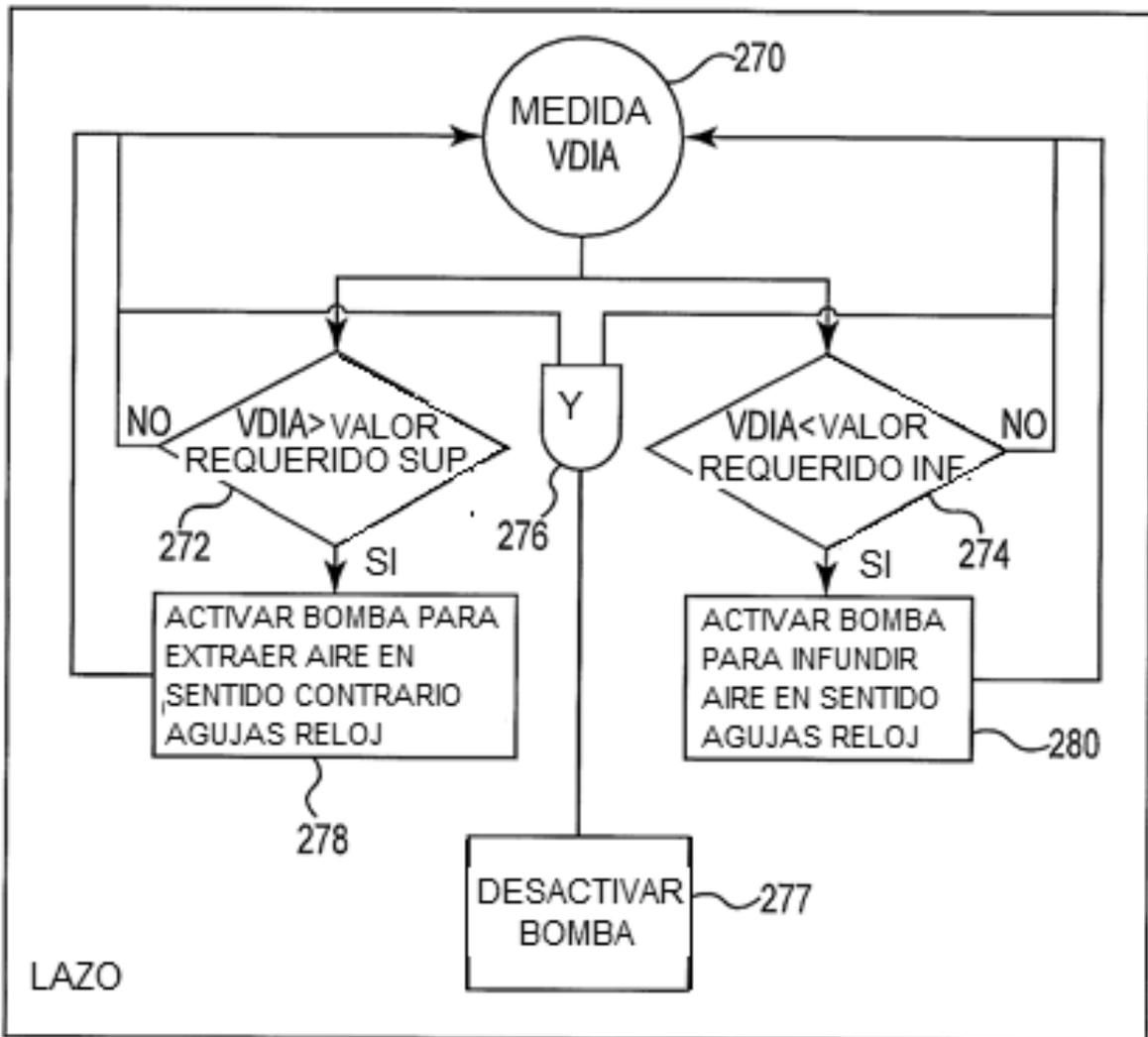


Fig. 5

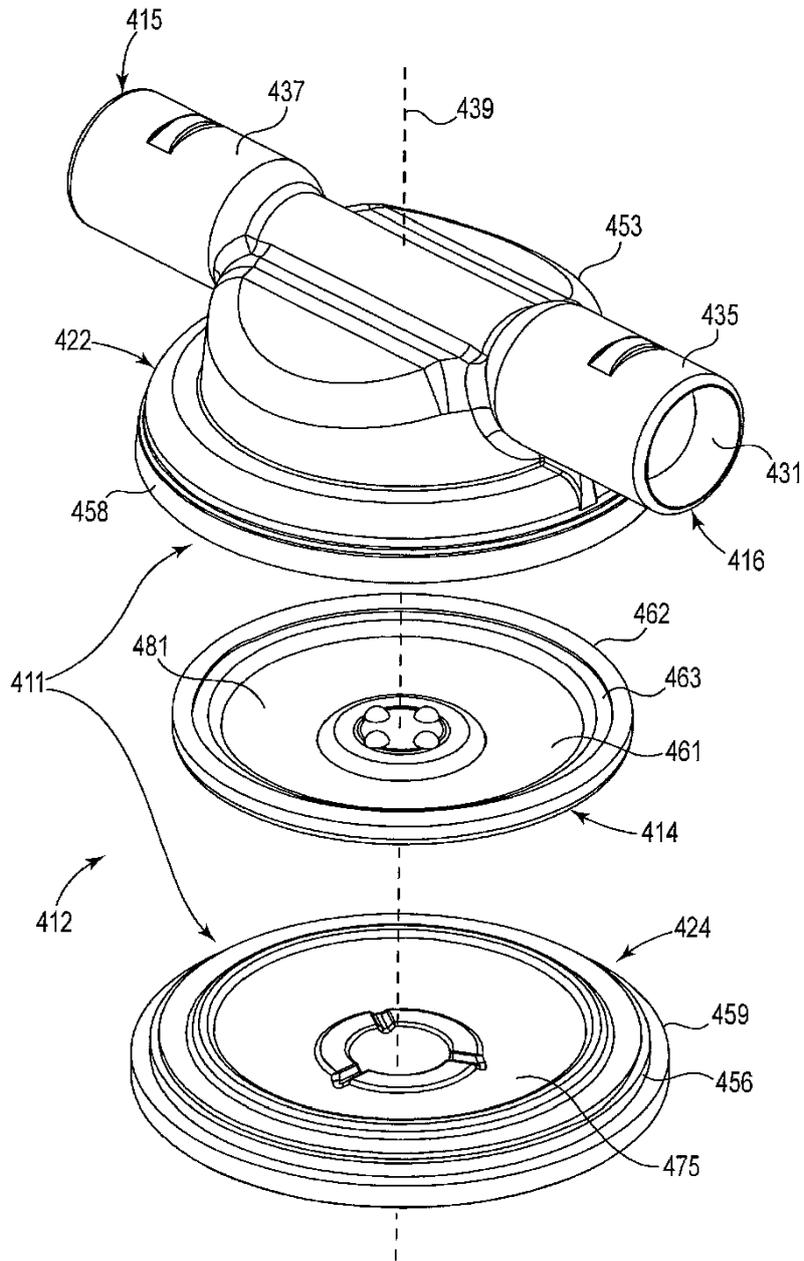


Fig. 6A

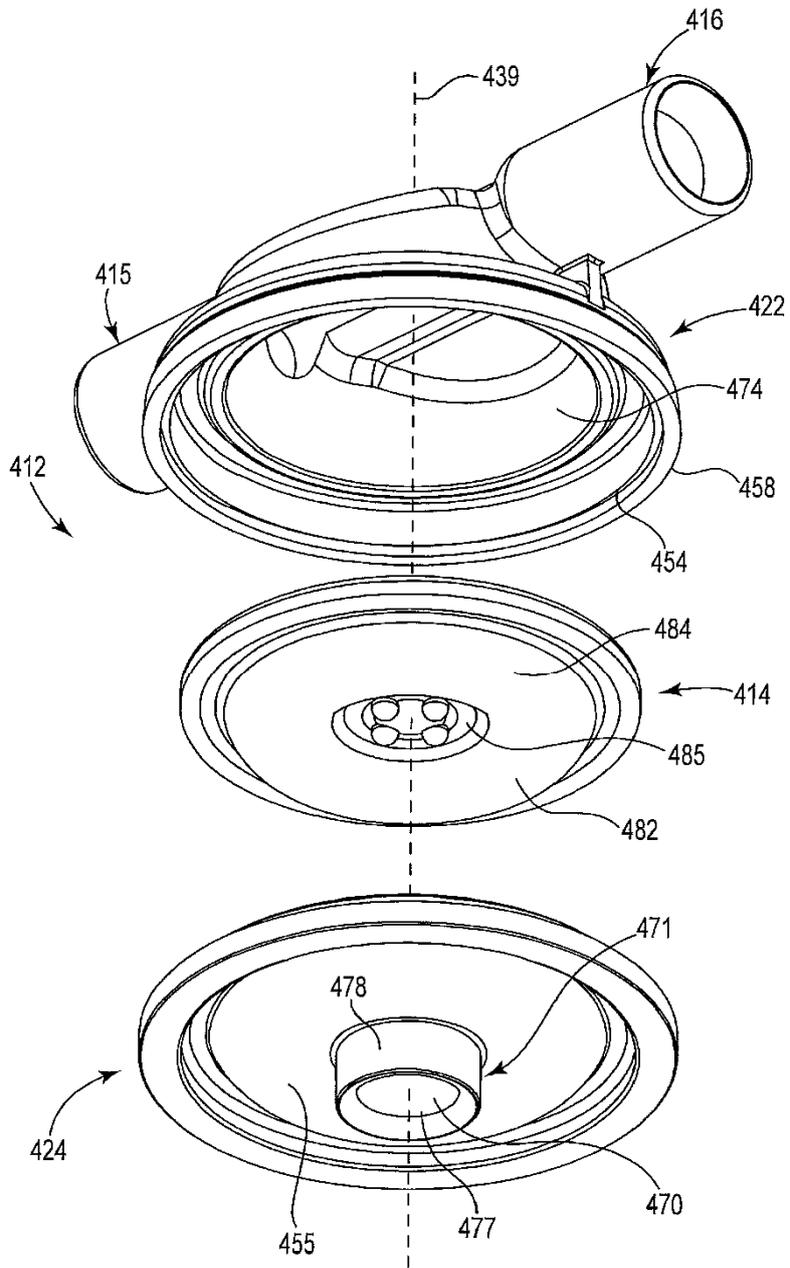


Fig. 6B

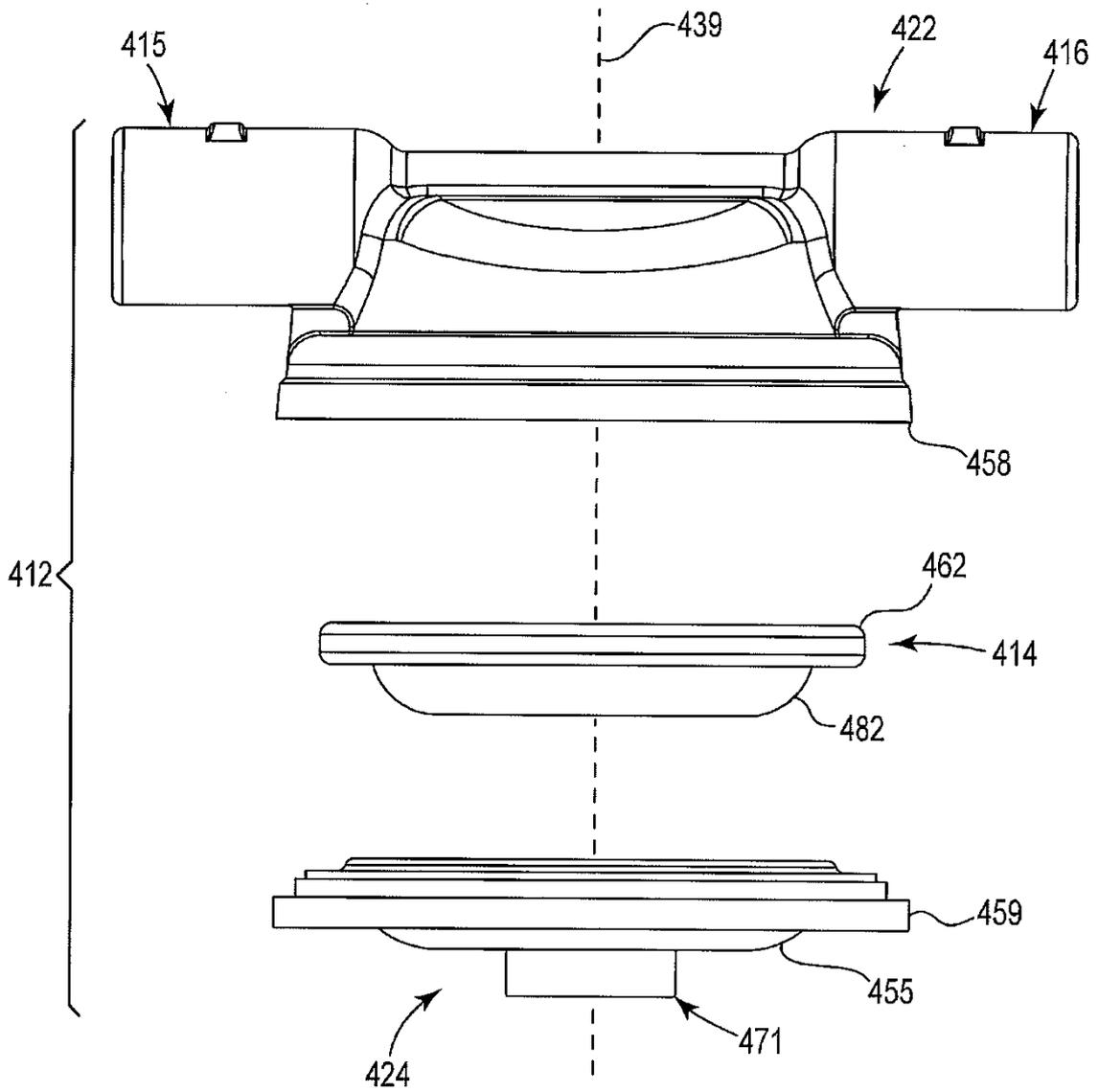


Fig. 6C

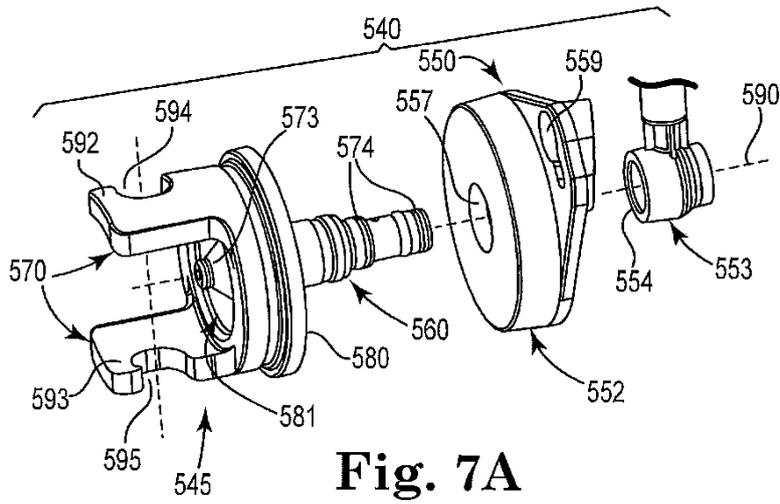


Fig. 7A

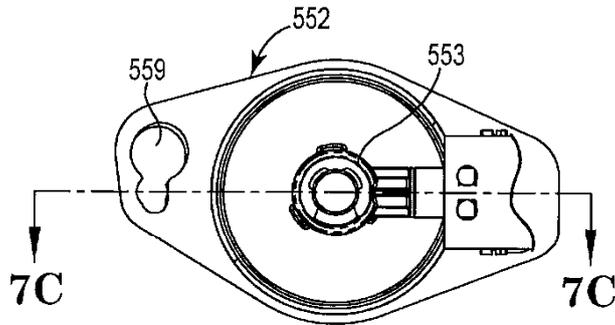


Fig. 7B

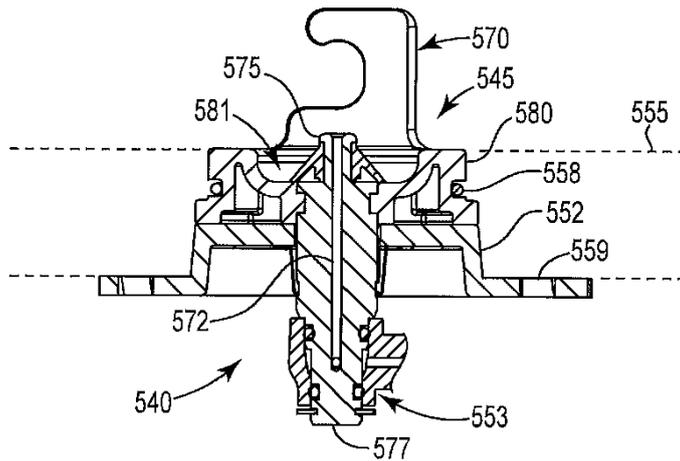


Fig. 7C

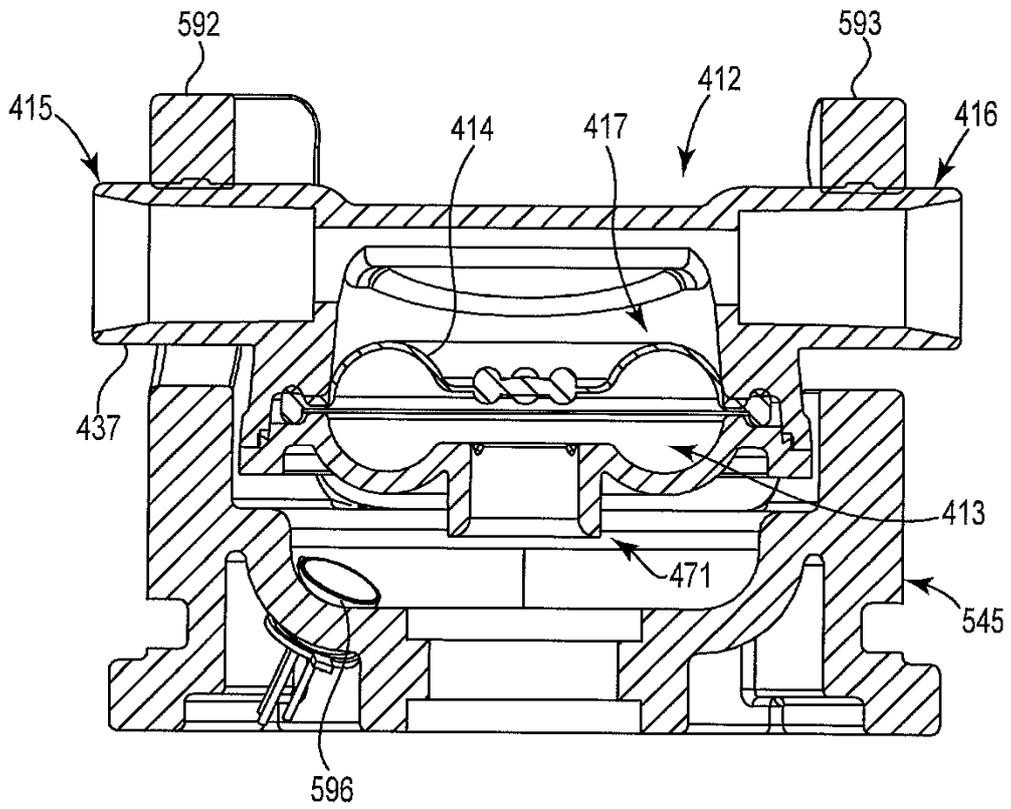


Fig. 8A

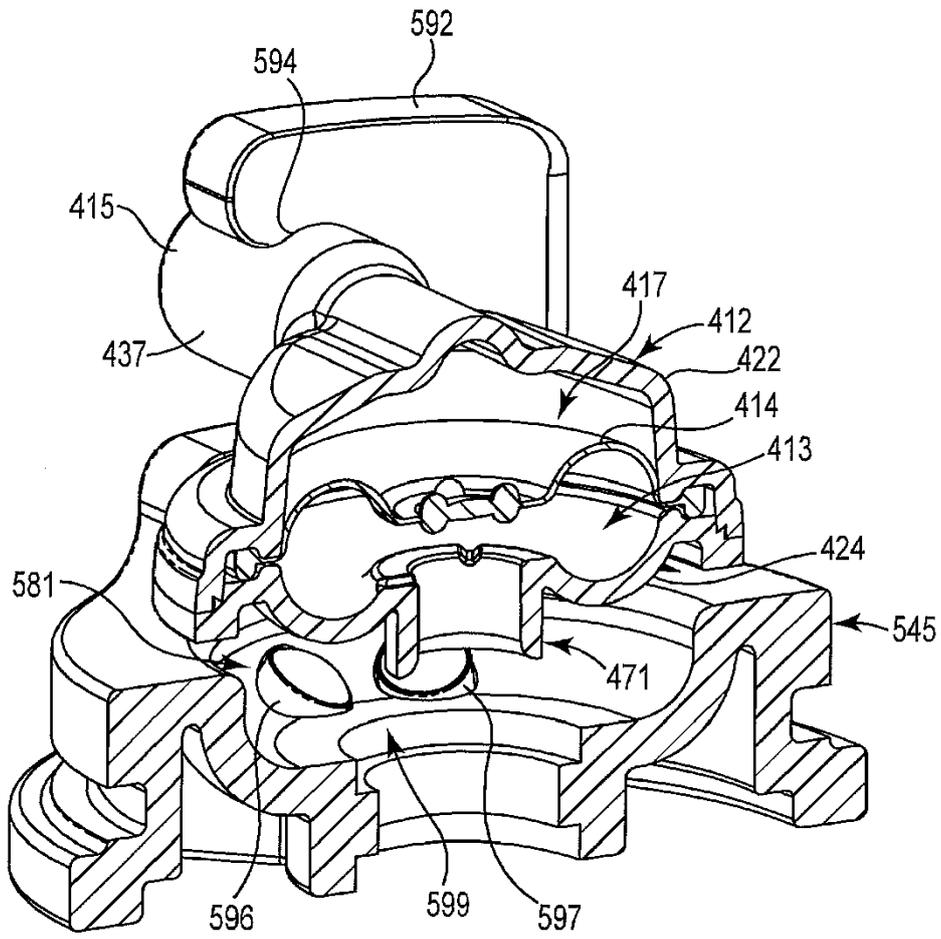


Fig. 8B

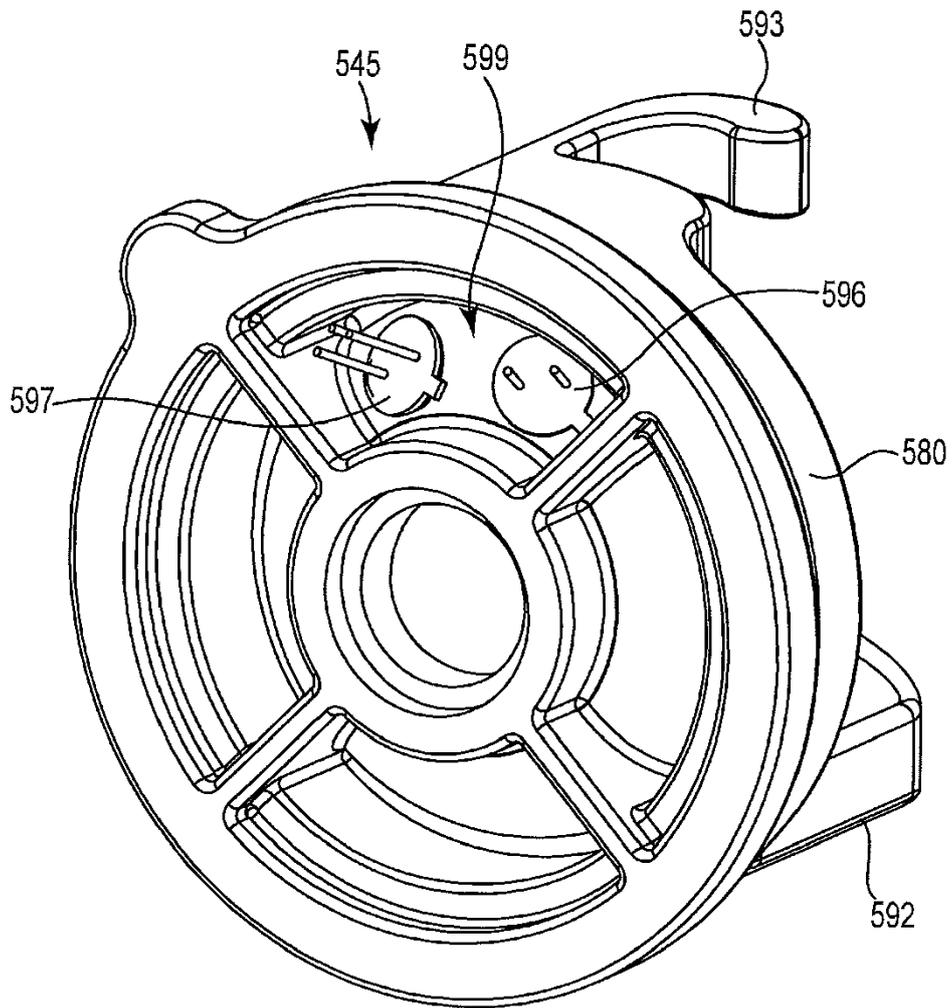


Fig. 8C

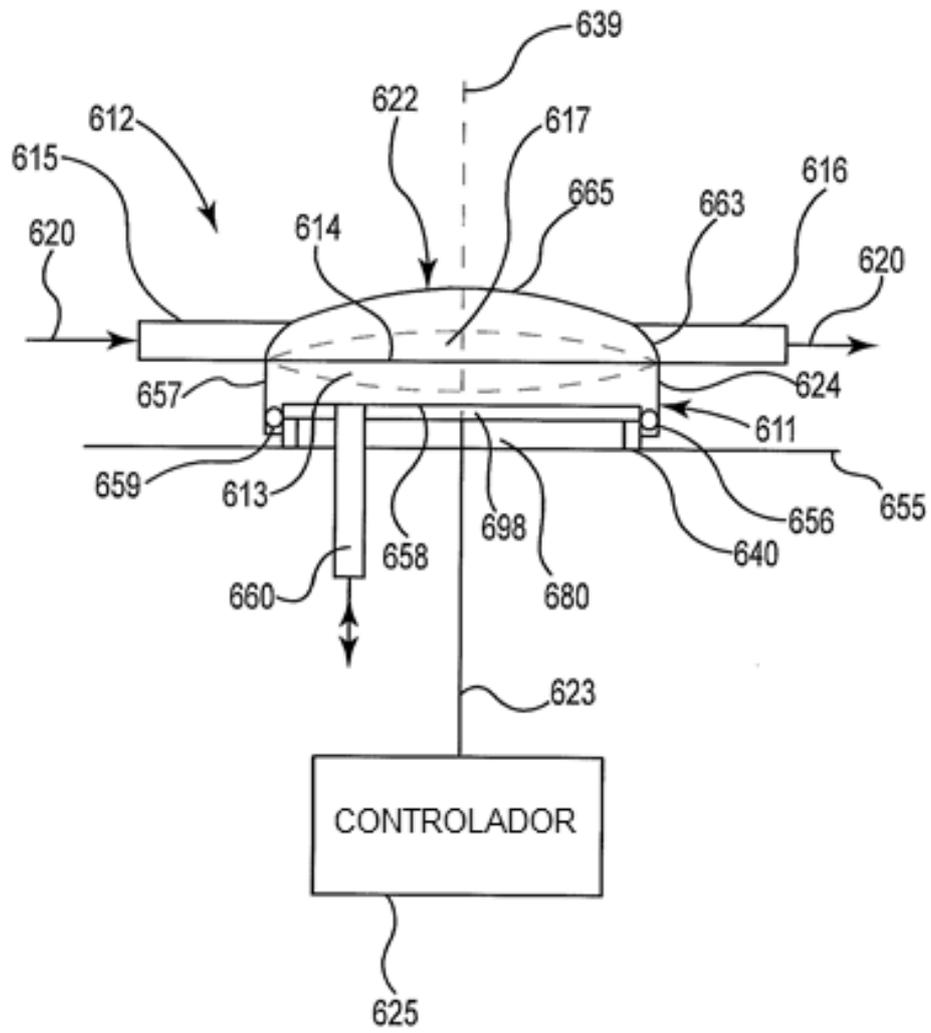


Fig. 9

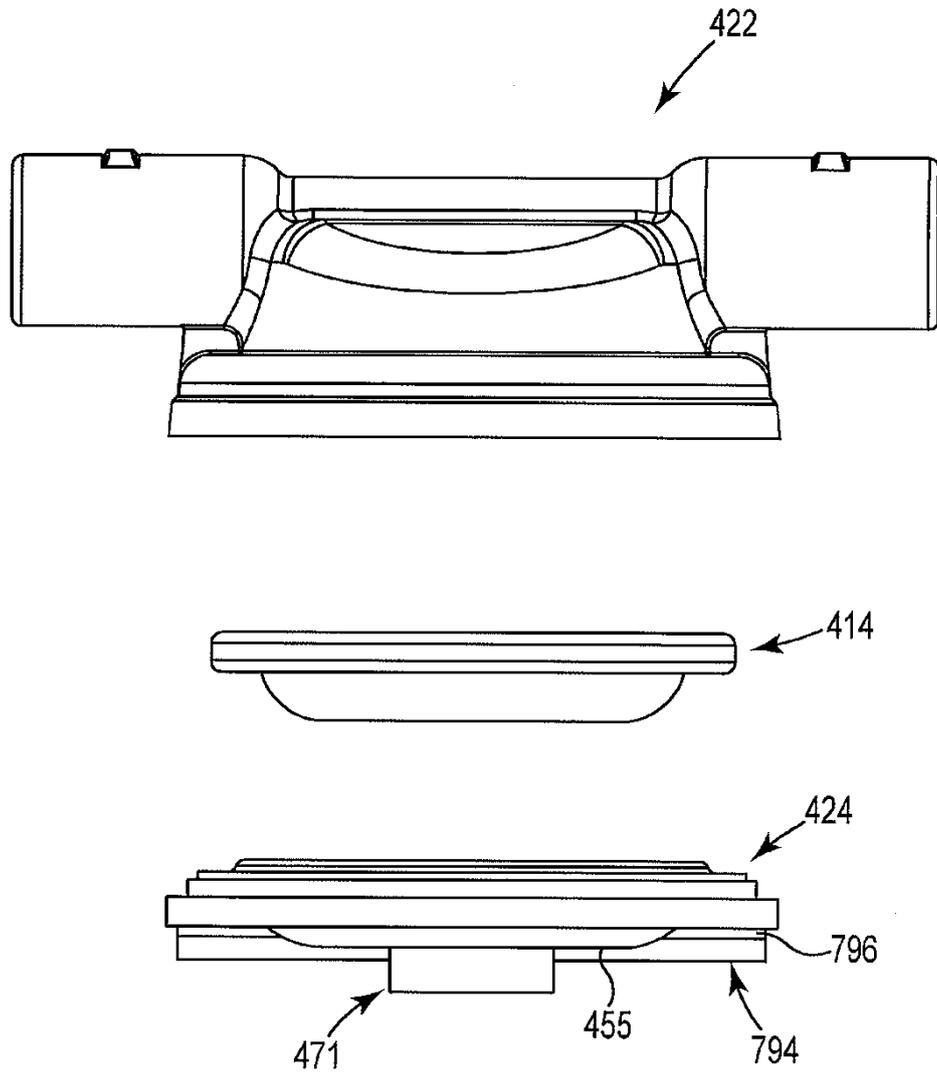


Fig. 10

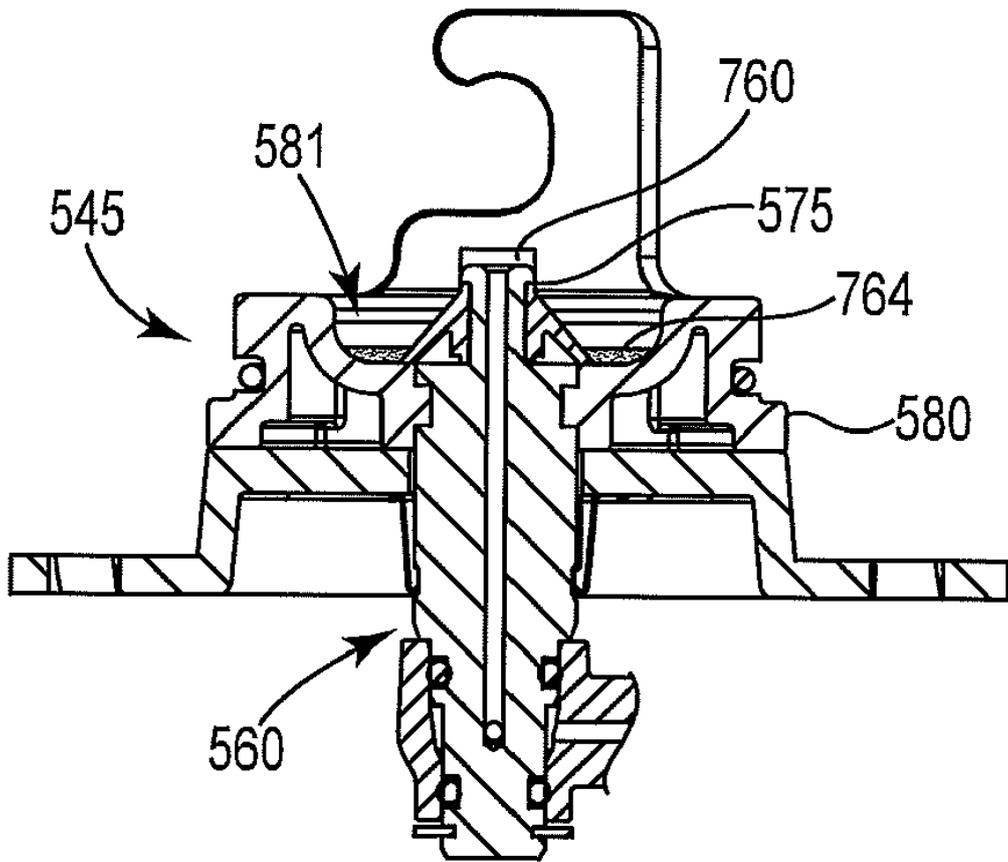


Fig. 11

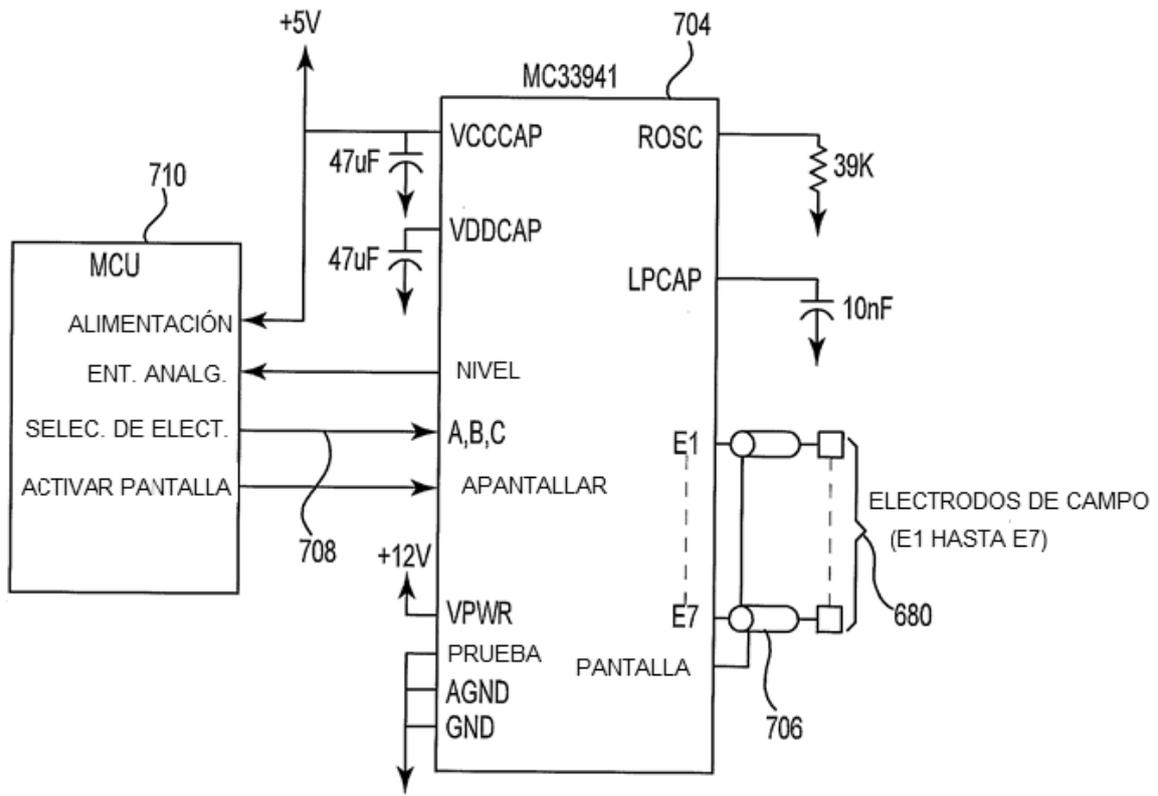


Fig. 12