

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 529**

51 Int. Cl.:

A61M 5/142 (2006.01)

F04B 43/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2015 E 15192838 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020 EP 3017836**

54 Título: **Bomba peristáltica giratoria sin impulsos**

30 Prioridad:

04.11.2014 EP 14191769

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

30.03.2021

73 Titular/es:

**MICREL MEDICAL DEVICES S.A. (100.0%)
Konstantinoupoleos 42, Karela Industrial Area
19441 Koropi, GR**

72 Inventor/es:

TSOUKALIS, ACHILLEAS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 815 529 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

Bomba peristáltica giratoria sin impulsos

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo de bomba de infusión que comprende un medio de bomba peristáltica que incluye un tubo flexible estacionario, preferentemente elástico, que tiene una entrada y una salida y se proporciona para alojar un fluido que fluye en dirección aguas abajo desde la entrada hasta la salida, y al menos dos elementos de enganche que están separados entre sí por una distancia constante predeterminada y dispuestos para engancharse localmente con el tubo, y para ser movidos repetidamente a lo largo del tubo en dirección aguas abajo, para apretar localmente el tubo de cara a lograr una acción de bombeo durante el movimiento a lo largo del tubo y encapsular un volumen del mismo entre los elementos de enganche colindantes.

15 Antecedentes de la invención

En la práctica médica se utilizan bombas de jeringa para fármacos que requieren una alta precisión y presentan una vida media corta una vez dentro del cuerpo. En los quirófanos y unidades de cuidados intensivos, las bombas de jeringa están montadas en pilas de bombas, en particular de seis a ocho, las cuales, sin embargo, requieren mucho espacio y solo permiten una baja visibilidad y reconocimiento de la indicación del fármaco proporcionado en la jeringa. Al margen del hecho de que ocupan espacios grandes, las bombas de jeringa presentan más problemas, dado que en la práctica no puede lograrse una curva de trompeta nominal, y por lo tanto tampoco un índice de constancia, debido a que el émbolo (fabricado normalmente con caucho) se pega a las paredes de la jeringa y por lo tanto avanza en impulsos en vez de hacerlo de manera continua. Adicionalmente, las bombas de jeringa también presentan una baja sensibilidad a la lectura de la presión de oclusión, lo que supone un problema de cara a las infusiones para neonatos y, recientemente, de cara a utilizar inyectores portátiles en bolo de gran volumen. Las bombas de jeringa se utilizan ampliamente principalmente en Europa, donde aproximadamente el 40 % de las camas de todos los hospitales están equipadas con una bomba de jeringa, y se utilizan en las infusiones de insulina y en la mayoría de las infusiones de inmunoglobulina y para la enfermedad de Parkinson. Se ha propuesto sustituir las bombas de jeringa de insulina por bombas de diafragma, lo cual, sin embargo, no puede ponerse en práctica ya que la insulina cristaliza y hace que las válvulas activas y pasivas del mecanismo presenten fugas.

Las jeringas precargadas son parte de un sector en crecimiento de la administración farmacéutica y funcionan bien para las inyecciones, pero resultan problemáticas para las infusiones a largo plazo puesto que se vuelven voluminosas, en especial para los fármacos biológicos más nuevos, y tienen un volumen máximo de aproximadamente 60 a 100 ml. Así pues, las bombas se vuelven voluminosas a medida que aumenta el volumen de infusión necesario.

Las bombas de jeringa se utilizan porque las bombas peristálticas de la técnica anterior presentaban una precisión baja y provocaban un flujo pulsátil y, por ende, un flujo no lineal por ciclo de infusión, en donde durante una parte del ciclo no se produce infusión pero a veces se genera un reflujo, de modo que su índice de constancia es alto para los fármacos con una vida media corta. La precisión a corto plazo puede expresarse mediante el concepto de índice de constancia. Este es el período más corto durante una operación de estado estable de una bomba durante el cual una medición de la salida cae consistentemente dentro de +/- el 10 % de la tasa media. Estos datos se derivan de pruebas de flujo efectuadas durante 24 horas a 1 ml/h, en donde se registra el flujo a intervalos de 30 segundos durante el período final de 18 horas y durante cada período corto se compara la tasa promedio con el flujo.

Las bombas peristálticas comprenden una carcasa y un tubo comprimible dispuesto dentro de la carcasa. Básicamente, hay dos realizaciones diferentes de la bomba peristáltica, en donde en una realización el tubo está dispuesto a lo largo de una pista recta, mientras que en la otra realización el tubo está formado como un bucle que da como resultado un diseño más económico, con un tamaño físico más pequeño y menores costos de producción. La primera realización, que se denomina bomba peristáltica lineal, es la que se utiliza principalmente en la actualidad, mientras que la presente invención se refiere a la última realización. El tubo debe llenarse con un fluido a suministrar desde su entrada hasta su salida. Se provoca el movimiento del fluido a través del tubo mediante unos elementos de enganche, normalmente en forma de rodillos accionados por medios rotativos tales como un motor eléctrico o un árbol accionado mecánicamente. Los elementos de enganche provocan una oclusión del tubo al apretarlo contra una pared o pista situada dentro de la carcasa, de modo que el fluido se vea forzado a través del tubo debido al movimiento de los elementos de enganche. El uso de una bomba peristáltica resulta ventajoso en la medida en que el fluido no entra en contacto con el entorno operativo, lo que hace que la bomba peristáltica sea adecuada para aplicaciones médicas tales como la infusión de fármacos cuando sea importante evitar el contacto del fluido con el entorno. Adicionalmente, los componentes mecánicos de una bomba peristáltica no entran en contacto con el fluido. Así pues, los componentes de una bomba peristáltica permanecen libres de contaminación por parte del fluido. Como resultado, una bomba peristáltica es fácil de limpiar y esterilizar porque puede simplemente desecharse el tubo después de su uso, y porque puede proporcionarse un nuevo tubo para el próximo uso.

Sin embargo, una desventaja es que con una bomba peristáltica resulta difícil lograr un flujo constante o sin impulsos del fluido a través del tubo. Al desenganchar los elementos de enganche del tubo se crean impulsos y, por lo tanto, se elimina la oclusión con el resultado de que se genera un vacío en la zona de desenganche del tubo. A saber, en esta zona el tubo vuelve a su forma redonda normal, lo que da como resultado un aumento del volumen que se llena con fluido de la salida del tubo. Esto conlleva una reducción del caudal del fluido en la salida del tubo durante la duración del impulso.

Dicho de otra forma, el comportamiento pulsátil de una bomba peristáltica giratoria resulta de la alternancia entre un elemento de enganche precursor o delantero y el siguiente elemento de enganche seguidor o posterior. V es el volumen que se encapsula entre dos elementos de enganche colindantes. En el caso de una bomba peristáltica giratoria, definiendo ϕ una posición angular de modo que la posición angular del elemento de enganche posterior sea ϕ_1 y la posición angular del elemento de enganche delantero sea ϕ_2 , el volumen V encapsulado entre ambos mencionados elementos de enganche se extiende a lo largo de una distancia angular que está definida por la diferencia entre las dos posiciones angulares ϕ_2 y ϕ_1 anteriormente mencionadas, es decir, $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$. $+\Delta V/\Delta\phi$ representa un aumento del volumen que define una denominada onda frontal que se ve desplazada delante de cada elemento de enganche, que hace avanzar la misma. $-\Delta V/\Delta\phi$ representa una disminución del volumen que define una denominada depresión, que surge detrás de cada elemento de enganche. El volumen encerrado V entre dos elementos de enganche colindantes que aprietan el tubo con una distancia inalterada entre los mismos es constante, de modo que simplemente se transporte el fluido si $+\Delta V/\Delta\phi$ y $-\Delta V/\Delta\phi$ son iguales, de modo que

$$V + \Delta V/\Delta\phi - \Delta V/\Delta\phi = V,$$

lo que resulta en que también la presión permanece constante.

Si, de lo contrario, una porción aguas arriba del tubo es más mayor que una porción aguas abajo, de modo que sea

$$\Delta V_2/\Delta\phi > \Delta V_1/\Delta\phi \text{ y}$$

$$V + \Delta V_2/\Delta\phi - \Delta V_1/\Delta\phi = V + V_{\text{diferencia}},$$

en donde $\Delta V_1/\Delta\phi$ representa un aumento de volumen que define una onda frontal frente al elemento de enganche precursor o delantero y $\Delta V_2/\Delta\phi$ representa un aumento de volumen que define una onda frontal frente al siguiente elemento de enganche seguidor o posterior, la presión aumenta debido a las fuerzas de los tubos elásticos de la porción inflada debido al aumento de volumen.

En el momento en que el elemento de enganche delantero deja de apretar el tubo y se establece una comunicación frontal/posterior a través de una película delgada de fluido debajo del mismo, la onda frontal $+\Delta V/\Delta\phi$ desaparece repentinamente (de modo que ya no puede empujar fluido) y es reemplazada por la onda frontal situada frente al elemento de enganche posterior, que ahora asume el relevo de la infusión. Además, $-\Delta V/\Delta\phi$ desaparece detrás de la misma. Pero debido al desenganche del elemento de enganche delantero, se acumula un nuevo volumen de diferencia adicional $\Delta V_d/\Delta\phi$ y continúa estando presente hasta que se complete el desenganche del elemento de enganche delantero. Se genera un vacío que crea la nueva diferencia de volumen adicional ΔV_d anteriormente mencionada, si el tubo flexible se vuelve asintótico o comienza con una curvatura de desenganche de mayor diámetro en este punto, lo que da como resultado la creación de un impulso negativo $\Delta V/\Delta\phi - \Delta V_d/\Delta\phi$ en el gráfico de flujo (V, ϕ) (donde ΔV_d depende de la geometría del elemento de enganche y la curvatura de desenganche $\Delta r/\Delta\phi$ de la carcasa, y r es el radio de la curvatura de desenganche que aumenta para permitir que el elemento de enganche se desenganche).

El caudal está definido como $\Delta V/\Delta t$. Al multiplicar cada uno del nominador y el denominador con $\Delta\phi$, la ecuación anterior puede escribirse como

$$\text{caudal} = (\Delta V/\Delta\phi) \cdot (\Delta\phi/\Delta t).$$

Esto hace evidente que para un movimiento de rotación constante $\Delta\phi/\Delta t$, si ΔV es constante en la cercanía de un elemento de enganche en cualquier ubicación a lo largo de su trayectoria de movimiento, el caudal será constante sin variación o impulso alguno.

La falta de un fluido constante causada por impulsos en el tubo hace que una bomba peristáltica no sea adecuada para ciertas aplicaciones de precisión. P. ej., en aplicaciones en las que se requiere un pequeño volumen de fluido, tal como cuando se utiliza menos de una revolución completa del rotor, el efecto de los impulsos resulta particularmente desventajoso.

El documento US 5 533 878 A da a conocer una bomba de tipo de compresión en donde el tubo elástico tiene un mayor diámetro al comienzo de un ciclo de infusión que al final.

El documento US 7 654 127 B2 da a conocer una bomba peristáltica con dimensiones aumentadas en una porción

aguas arriba del tubo, para aumentar la presión dentro del tubo antes de desenganchar un rodillo que aprieta el tubo. Sin embargo, cuando va a desengancharse del tubo el rodillo delantero se libera repentinamente la presión. Por lo tanto, se produce primero una perturbación del flujo con un aumento repentino del mismo y después con una disminución del flujo en la misma cantidad debido al desenganche del rodillo del tubo tras unos cuantos grados de rotación.

El documento US 3826 593 A propone la provisión de una leva que comprime el tubo en otro punto al mismo tiempo que se desengancha del tubo el rodillo de enganche, en una bomba peristáltica. Sin embargo, esta solución requiere costes más elevados y un mayor número de piezas de montaje y, por lo tanto, no resulta adecuada para un mecanismo de bombeo desechable.

El documento US 5 470 211 A versa sobre una bomba de rodillos con la provisión de una curvatura controlada en la entrada y salida del tubo.

El documento US 2006/0245964 A1 da a conocer una bomba peristáltica giratoria que comprende una carcasa de bomba, un tubo de bomba compresible colocado entre unos miembros de oclusión giratorios y una pista para tubo de bomba en la carcasa, donde en la pista para tubo de la bomba está presente una abertura entre un primer miembro de oclusión y un segundo miembro de oclusión de manera que, cuando el segundo miembro de oclusión haya dejado de ocluir el tubo de bomba en la abertura, un tercer miembro de oclusión complete la oclusión del tubo de bomba y capture así un volumen de compensación de fluido entre el primer y tercer miembros de oclusión, y, cuando el segundo miembro de oclusión vuelva a producir una acción de oclusión en el extremo de la abertura, desplace el volumen de compensación hacia la salida del tubo de bomba, manteniendo así la velocidad del fluido en la corriente de salida.

Un objeto de la presente invención es proporcionar una bomba peristáltica precisa y sin impulsos, de funcionamiento continuo, que tenga un tamaño pequeño de modo que pueda reemplazar a muchas de las bombas de jeringa voluminosas en un espacio limitado.

Sumario de la invención

Para alcanzar el objeto anterior y objetos adicionales, de acuerdo con la presente invención, se proporciona un dispositivo de bomba de infusión que comprende un medio de bomba peristáltica, que incluye

- un tubo estacionario flexible, preferentemente elástico, que tiene una entrada y una salida y se proporciona para alojar un fluido que fluye en dirección aguas abajo desde la entrada hasta la salida, y
- al menos dos elementos de enganche que están separados entre sí por una distancia constante predeterminada y que se proporcionan para que enganchen localmente con el tubo y para ser desplazados repetidamente a lo largo del mismo, en dirección aguas abajo, para apretar localmente el tubo y lograr una acción de bombeo durante el movimiento del elemento de enganche a lo largo del tubo y para encapsular un volumen del tubo entre dos elementos de enganche colindantes,
- en donde el tubo comprende una primera a cuarta zonas que se unen directamente entre sí en dirección aguas abajo,
- en donde la primera zona, que es la zona más aguas arriba, se proporciona de modo que un elemento de enganche pueda enganchar con el tubo durante el movimiento a lo largo de la primera zona,
- en donde la segunda y tercera zonas se proporcionan de modo que un elemento de enganche permanezca enganchado con el tubo durante el movimiento a lo largo de la segunda y tercera zonas,
- en donde la cuarta zona, que es la zona más aguas abajo, se proporciona de modo que pueda desengancharse del tubo un elemento de enganche durante el movimiento a lo largo de la cuarta zona,
- en donde la longitud de cada una de la primera, segunda y cuarta zonas es más corta que la distancia entre los dos elementos de enganche colindantes, y
- en donde la sección transversal de la segunda zona es mayor que la sección transversal de la tercera zona en una cantidad que conlleva un aumento de volumen que es al menos igual a un aumento de volumen desplazado en la cuarta zona, como resultado de desenganchar del tubo un elemento de enganche,

caracterizado por que

- la segunda zona, que sigue a la primera zona en dirección aguas abajo, comienza en un punto de partida donde un elemento de enganche entra en la segunda zona al mismo tiempo que un elemento de enganche delantero colindante situado en la cuarta zona simplemente deja de apretar el tubo, y va a desengancharse el mismo del tubo para que surja una comunicación de flujo,
- la tercera zona, que sigue a la segunda zona en dirección aguas abajo, comienza en un punto de partida donde un elemento de enganche entra en la tercera zona al mismo tiempo que ya se ha desenganchado un elemento de enganche delantero colindante y, por lo tanto, ya no hace contacto con el tubo,
- la longitud de la tercera zona también es más corta que la distancia entre los dos elementos de enganche colindantes,
- la suma de las longitudes de la segunda y tercera zonas es igual a la distancia entre los dos elementos de

- enganche colindantes, y
- la longitud de la segunda zona es igual a la longitud de la cuarta zona.

En las reivindicaciones dependientes se definen las realizaciones y modificaciones preferidas.

5 Preferentemente, la longitud de la tercera zona es mayor que la longitud de la primera zona y/o de la segunda zona y/o de la cuarta zona.

10 Preferentemente, la sección transversal de la primera zona es mayor que la sección transversal de la tercera zona, en particular en un caso en el que la presión de trabajo aguas abajo sea relativamente alta.

15 Preferentemente, se proporciona una carcasa que aloja los medios de bomba peristáltica, y unos medios de fijación para fijar el tubo a la carcasa para evitar el movimiento del tubo con respecto a la misma, lo que da como resultado una mayor precisión de cara a mejorar la repetibilidad del proceso. De acuerdo con una modificación de la presente realización, los medios de fijación pueden proporcionarse como anclajes y/o adaptarse para poder fijar el tubo a una pared interior de la carcasa.

20 De acuerdo con una realización preferida adicional, el medio de bomba peristáltica es un medio de bomba peristáltica giratoria que comprende un rotor que está provisto de los elementos de enganche, en donde el tubo comprende una parte doblada que tiene esencialmente una forma de ciclo parcial, en donde la longitud de las zonas está representada por una distancia angular.

25 De acuerdo con una modificación preferida de la realización anteriormente mencionada, la distancia angular de la primera zona es de hasta 15 °.

De acuerdo con una modificación preferida de la realización anteriormente mencionada, la distancia angular de la segunda zona es de 20 ° a 60 °.

30 De acuerdo con otra modificación preferida de la realización anteriormente mencionada, existen dos elementos de enganche que están dispuestos esencialmente diametralmente opuestos a un eje de rotación del rotor, en donde la suma de las distancias angulares de la segunda y tercera zonas es igual a 180 °.

35 De acuerdo con una modificación alternativa, existen tres elementos de enganche que están separados de un eje de rotación del rotor por la misma distancia radial, en donde dos elementos de enganche colindantes están separados entre sí por una distancia angular de 120 °, en donde la suma de las distancias angulares de la segunda y tercera zona es igual a 120 °.

40 De acuerdo con otra modificación preferida de la realización anteriormente mencionada, los elementos de enganche se proporcionan como rodillos de enganche.

De acuerdo con una modificación preferida, el rotor comprende un rodillo central que está acoplado por fricción con los rodillos de enganche.

45 De acuerdo con otra modificación preferida de la realización anteriormente mencionada, se proporcionan

- una carcasa que se divide al menos en tres capas operativas colocadas una encima de la otra, en donde
- una capa de engranajes epicíclicos incluye un medio de engranajes epicíclicos que comprende un engranaje central giratorio, un engranaje anular exterior estacionario que rodea el engranaje central y engranajes planetarios móviles, que están dispuestos entre el engranaje central y el engranaje anular y en acoplamiento móvil con el engranaje central y el engranaje anular,
- una capa de rodamiento incluye un medio de rodamiento de rodillos, que comprende un anillo exterior estacionario y una disposición de rodillos interiores móviles que son móviles con respecto al anillo exterior y están acoplados con el medio de engranajes epicíclicos, para proporcionar un rodamiento de rotación para los engranajes central y planetario, y
- una capa operativa de bombeo incluye el medio de bomba peristáltica giratoria en donde el rotor está acoplado con el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos de modo que se transfiera un par desde el engranaje central hasta el rotor.

60 De acuerdo con una modificación preferida, el rotor está acoplado de forma no giratoria en una disposición coaxial con el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos.

De acuerdo con otra modificación preferida, la disposición de rodillos interiores del medio de rodamiento de rodillos está acoplada de forma no giratoria con al menos el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos.

65 De acuerdo con otra modificación preferida, la disposición de rodillos interiores del medio de rodamiento de rodillos comprende un rodillo central giratorio y rodillos planetarios móviles que están dispuestos entre el rodillo central y el

anillo exterior, y en acoplamiento móvil por fricción tanto con el rodillo central como con el anillo exterior.

De acuerdo con otra modificación preferida, el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos está acoplado de forma no giratoria en una disposición coaxial con el rodillo central del medio de rodamiento de rodillos.

5 De acuerdo con otra modificación preferida, al menos uno de los engranajes planetarios del medio de engranajes epicíclicos está acoplado de forma no giratoria en disposición coaxial con uno de los rodillos planetarios del medio de rodamiento de rodillos.

10 De acuerdo con otra modificación preferida, el medio de rodamiento de rodillos comprende dos rodillos planetarios que están dispuestos esencialmente diametralmente opuestos al eje de rotación del rodillo central.

De acuerdo con otra modificación preferida, el medio de engranajes epicíclicos comprende dos engranajes planetarios que están dispuestos esencialmente diametralmente opuestos al eje de rotación del engranaje central.

15 De acuerdo con otra modificación preferida, al menos uno de los rodillos de enganche está acoplado de forma no giratoria en una disposición coaxial con uno de los engranajes planetarios del medio de engranajes epicíclicos.

20 De acuerdo con una modificación preferida, el rotor del medio de bomba peristáltica giratoria comprende un rodillo central que está en acoplamiento por fricción con los rodillos de enganche y está acoplado de forma no giratoria, en disposición coaxial, con el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos.

De acuerdo con una modificación preferida, la relación de engranajes entre los engranajes planetarios y el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos corresponde a la relación entre el diámetro de los rodillos de enganche y el diámetro del rodillo central del rotor del medio de bomba peristáltica giratoria.

30 Preferentemente, el engranaje central del medio de engranajes epicíclicos, el rodillo central del medio de rodamiento de rodillos y el rodillo central del rotor del medio de bomba peristáltica giratoria están formados comúnmente como un cuerpo giratorio central integral, y/o en donde al menos un engranaje planetario del medio de engranajes epicíclicos, un rodillo planetario del medio de rodamiento de rodillos y un rodillo de enganche del rotor del medio de bomba peristáltica giratoria están formados comúnmente como un cuerpo planetario giratorio integral.

35 De acuerdo con una realización preferida adicional, la carcasa incluye una porción de pared doblada que soporta al menos una porción del tubo y que otorga al mismo una forma curva, y el uno o más rodillos de enganche, el rodillo central, el anillo exterior y la porción de pared doblada comprenden una ligera forma cónica en la misma dirección, de modo que sus superficies se intercepten en un solo punto.

40 De acuerdo con una realización preferida adicional, se proporciona un medio de obturación que está adaptado para su colocación opcional en una primera posición o en una segunda posición, en donde el medio de obturación permite en su primera posición que un elemento de enganche apriete el tubo para lograr una acción de bombeo y, en su segunda posición, evita que un elemento de enganche apriete el tubo para dejar pasar aire o fluido a través del mismo.

45 De acuerdo con una realización preferida, se proporciona un medio de control para controlar el movimiento de los elementos de enganche para corregir la posición y la velocidad de los elementos de enganche si fuera necesario.

50 Preferentemente, la sección transversal del tubo es elíptica en las cuatro zonas, o tiene una forma similar a una disposición de dos paréntesis orientados uno hacia el otro, tal como "()", lo que resulta en una reducción de la potencia necesaria.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán las realizaciones preferidas de la presente invención haciendo referencia a los dibujos, en los que:

- 55 La Fig. 1 muestra una vista en perspectiva frontal (a) y una vista en perspectiva posterior (b) de una bomba de acuerdo con una realización preferida;
- La Fig. 2 muestra una vista en perspectiva frontal (a) y una vista en perspectiva posterior (b) de un cartucho de bomba de acuerdo con una realización preferida;
- La Fig. 3 muestra una vista en perspectiva despiezada del cartucho de bomba de la Fig. 2;
- La Fig. 4 muestra una vista en sección transversal (vertical) a través del cartucho de bomba de la Fig. 2;
- La Fig. 5 muestra una sección longitudinal (horizontal) a través del cartucho de bomba de la Fig. 2, a nivel de una primera capa de rodamiento;
- La Fig. 6 muestra una sección longitudinal (horizontal) a través del cartucho de bomba de la Fig. 2, a nivel de una capa de bombeo;
- La Fig. 7 muestra una sección longitudinal (horizontal) a través del cartucho de bomba de la Fig. 2, a nivel de una

- segunda capa de rodamiento;
- La Fig. 8 muestra una sección longitudinal (horizontal) a través del cartucho de bomba de la Fig. 2, a nivel de una capa de engranajes epicíclicos;
- La Fig. 9 indica esquemáticamente que el cartucho de bomba y sus componentes interiores comprenden una forma cónica deslizante;
- La Fig. 10 muestra esquemáticamente la configuración del tubo y su división en cuatro zonas de acuerdo con una realización preferida, ilustrando una sección longitudinal a través del cartucho de bomba a nivel de la capa de bombeo en (a), una vista única del tubo en su configuración curvada desde arriba (b), y una vista única del tubo en una condición estirada para una mejor comprensión (e);
- La Fig. 11 muestra esquemáticamente un gráfico que incluye una curva "a", que representa la situación sin corrección alguna, y una curva "b" que representa una situación sin impulsos tras una corrección;
- La Fig. 12 muestra esquemáticamente una curva de trompeta de acuerdo con la norma IEC 60601-2-24; y
- la Fig. 13 muestra esquemáticamente una disposición integrada que comprende un depósito de medicación, un cartucho de bomba y una etiqueta RFID de acuerdo con una realización preferida.

Descripción de las realizaciones preferidas

En la Fig. 1, se muestra una bomba 2 de acuerdo con una realización preferida. En la realización mostrada, la bomba 2 está dividida en dos partes, es decir, una primera parte 4 que incluye un mecanismo de bomba peristáltica giratoria, y una segunda parte 6 que solo incluye un motor para accionar el mecanismo de bomba en la primera parte 4, y hardware adicional tal como elementos electrónicos de control y detección (no mostrados). De acuerdo con la realización mostrada, la primera parte 4 define un cartucho consumible 4 de bomba que preferentemente está fabricado con plástico, lo que da como resultado bajos costos de fabricación y un bajo peso. La segunda parte 6 define el resto de la bomba 2 y se denomina módulo 6 de bomba. El módulo 6 de bomba comprende en su parte frontal una pantalla 8 mostrada en la Fig. 1a y unas teclas (no mostradas), para un uso y control convenientes. Como se muestra en la Fig. 1b, el cartucho 4 de bomba se fija en la parte trasera del módulo 6 de bomba.

En la Fig. 2 se muestra con mayor detalle el cartucho 4 de bomba, que incluye el mecanismo de bomba peristáltica giratoria. El cartucho 4 de bomba está provisto de una punta 10 que define un orificio de entrada. La punta 10 se proporciona para colocar la misma preferentemente en un orificio de salida de un depósito de medicación (no mostrado) o en un extremo de aguas abajo de un tubo de aguas arriba (no mostrado), para crear una conexión fluida entre el depósito de medicación y el cartucho 4 de bomba. Adicionalmente, el cartucho 4 de bomba está provisto de un conector 12 de salida que define un orificio de salida y se proporciona para colocar el mismo en un extremo de aguas arriba de un tubo de aguas abajo (no mostrado). Ambos tubos anteriormente mencionados (no mostrados) son parte de una línea de infusión que va desde el depósito de medicación, a través del medio de bomba peristáltica giratoria en el cartucho 4 de bomba, hasta un paciente. Así pues, el fluido que fluye a lo largo de la línea de infusión entra en el mecanismo de bomba peristáltica giratoria dentro del cartucho 4 de bomba, a través de la punta 10, y sale del mismo a través del conector 12 de salida. Como puede observarse adicionalmente en la Fig. 2, el cartucho 4 de bomba comprende en un lado, que es un lado delantero, un respiradero 14 de aire de la punta y, en el otro lado, que es el lado trasero, un elemento 16 de acoplamiento de motor a accionar mediante el motor incluido en el módulo 6 de bomba. Así mismo, el cartucho 4 de bomba comprende en su lado trasero un medio 18 de fijación mediante el cual se fija el cartucho 4 de bomba, con su lado trasero, al lado trasero del módulo 6 de bomba como se muestra en la Fig. 1. Al fijar el cartucho 4 de bomba al módulo 6 de bomba, se crea un acoplamiento entre el motor en el módulo 6 de bomba y el elemento 16 de acoplamiento de motor en el lado trasero del cartucho 4 de bomba, de modo que el motor del módulo 6 de bomba accione el mecanismo de bomba peristáltica giratoria dentro del cartucho 4 de bomba.

Como se ilustra detalladamente en particular en las Figs. 3 y 4, el cartucho 4 de bomba de acuerdo con una realización preferida tiene dos partes inferior y superior 20, 21 de ajuste a presión de una carcasa en la que están incluidas todas las demás partes del mecanismo, en donde las partes inferior y superior 20, 21 definen unas cubiertas inferior y superior de la carcasa y, por lo tanto, forman comúnmente la propia carcasa. Tres rodillos cilíndricos 22, 24, 26, cada uno con un engranaje 220, 240, 260 en su parte superior de acuerdo con la vista de las figuras 3 y 4, se utilizan a modo de elementos combinados de accionamiento y bombeo, e incluyen dos rodillos planetarios 22, 26 del mismo diámetro y un rodillo central o madre 24, en donde todos los rodillos cilíndricos 22, 24, 26 están dispuestos en el mismo plano (giratorio) con su ejes de rotación orientados lado a lado en el mismo plano, y la relación engranaje/diámetro entre el engranaje central o madre 240 del rodillo central o madre 24 y los engranajes planetarios 220, 260 de los rodillos planetarios 22, 26 determina la relación de reducción de la rotación de los rodillos planetarios 22, 26 sobre la rotación del rodillo central o madre 24.

En la realización ilustrada, se proporciona un soporte 28 de engranajes que soporta giratoriamente los rodillos planetarios 22, 26 y el rodillo central 24. El soporte 28 de engranajes se proporciona como un rotor y puede girar alrededor de un eje de rotación que coincide con el eje de rotación del rodillo central 24. Como puede observarse en las Figs. 3 y 4, la parte superior del soporte 28 de engranajes está provista de un pasador central 28a que se extiende holgadamente al interior de un rebaje configurado en el lado interior de la parte superior 20 de la carcasa, y el extremo inferior opuesto o parte inferior del rodillo central 24 está provista de un saliente cilíndrico central que define el elemento 16 de acoplamiento de motor anteriormente mencionado, como también se muestra en la Fig. 2b, y se extiende holgadamente a través de una abertura 21a configurada en el fondo de la parte inferior 21 de la

carcasa. Dado que el pasador central 28a está dispuesto holgadamente dentro del rebaje y el elemento cilíndrico 16 de acoplamiento de motor está dispuesto holgadamente dentro de la abertura 21, se crea un mayor juego que da como resultado un fácil movimiento de rotación del soporte 28 de engranajes y el rodillo central 24. Sin embargo, por razones funcionales, no tal soporte 28 de engranajes no resulta necesario ya que toda la bomba 2 funciona bien sin el mismo, pero la provisión de dicho soporte 28 de engranajes podría ser recomendable por razones de seguridad, en particular en caso de que los dientes de los engranajes 220, 240, 260 se dañen o incluso se pierdan.

Preferentemente, puede proporcionarse un pequeño imán cilíndrico en uno de los rodillos planetarios 22, 26 para definir una posición de los rodillos y para comprobar que los rodillos planetarios 22, 26 estén girando a una velocidad nominal predeterminada que se mide mediante un sensor Hall colocado en el módulo 6 de bomba, por razones de seguridad y control de velocidad del motor.

Un primer anillo 30 de rodamiento exterior está formado en la parte inferior 21 de la carcasa para estar dispuesto dentro de la carcasa, y un segundo anillo 32 de rodamiento exterior está formado en un inserto 34 que está dispuesto dentro de la parte inferior 21 de la carcasa. Los rodillos planetarios 22, 26 ruedan a lo largo del interior del primer y segundo anillos 30, 32 de rodamiento exterior, en donde el primer anillo 30 de rodamiento exterior define una primera etapa o capa de rodamiento, como también se muestra en la Fig. 5, y el segundo anillo 32 de rodamiento exterior define una segunda etapa o capa de rodamiento, como también se muestra en la Fig. 7. Los rodillos planetarios 22, 26 se extienden adicionalmente a través de una etapa o capa de bombeo, mostrada en la Fig. 6, para rodar a lo largo de un tubo elástico 36 y apretarlo, estando dicho tubo dispuesto en la capa de bombeo y alojado en una cavidad de la parte inferior 21 de la carcasa que tiene una sección transversal en forma de "Π", como se muestra en particular en las Figs. 3 y 4. Adyacente a la parte superior 20 de la carcasa hay una etapa o capa de engranajes que comprende un anillo 38 de engranaje exterior que está moldeado en la parte inferior 21 de la carcasa y se muestra en la Fig. 8, así como los dos engranajes planetarios 220, 260 y el engranaje planetario o central 240 anteriormente mencionados que forman comúnmente un engranaje epicíclico, como se conoce per se en la técnica anterior, en donde el engranaje central 240 crea un momento de rotación sobre los engranajes planetarios 220, 260 contra el anillo 38 de engranaje exterior. Los dos rodillos planetarios 22, 26 y el rodillo central 24 están en contacto entre sí y ruedan unos sobre otros de modo que los rodillos planetarios 22, 26 aprieten el tubo elástico 36 incluido en la cavidad anteriormente mencionada, como se muestra esquemáticamente en la Fig. 4. Al hacerlo, las fuerzas radiales se ven compensadas y, por ende, se eliminan por el rodamiento en las dos capas de rodamiento de rodillos.

El componente tangencial de las fuerzas da como resultado un momento de giro y, por ende, un par alrededor del engranaje central o madre 240 igual al par en el rodillo central o madre 24 y accionado a través del elemento 16 de acoplamiento de motor (véase la Fig. 2b) por un motor (no mostrado), incluido dentro del módulo 6 de bomba (véase la Fig. 1). Tal par hace que los rodillos 22, 24, 26 giren para obtener una infusión peristáltica.

Como se muestra en particular en las Figs. 3 y 6, la cavidad anteriormente mencionada en la parte inferior 21 de la carcasa forma un cilindro y está limitada por una porción 40 de pared curvada o doblada contra la cual se coloca el tubo 36, de modo que la forma de la porción del tubo 36 que está en contacto con la porción 40 de pared curvada o doblada esté determinada por la forma curvada o doblada de la porción 40 de pared; así pues, el tubo 36 obtiene una porción curvada o doblada como se muestra en las Figs. 3 y 6. Como puede observarse en la Fig. 4, al tener la mencionada cavidad de la parte inferior 21 de la carcasa una sección transversal en forma de "Π", está limitada por los dos anillos 30, 32 de rodamiento y la porción 40 de pared. Como puede observarse adicionalmente en las Figs. 3 y 4, la profundidad radial de la cavidad es menor que el espesor del tubo 36 en su estado no comprimido.

El tubo 36 está fijado a la porción de pared curvada o doblada 40 de la parte inferior 21 de la carcasa tanto tangencial como radialmente, por medio de unos ganchos 42 dispuestos a lo largo de la periferia del tubo 36 y a insertar en unos correspondientes rebajes 44 situados en la porción 40 de pared, como se muestra en particular en las Figs. 3 y 6. Así pues, no es posible que durante el movimiento de rodadura de los rodillos planetarios 22, 26 el tubo 36 sufra tirones y extensiones.

Como se muestra adicionalmente en la figura 3, una parte de la porción 40 de pared curvada situada en la parte inferior 21 de la carcasa está interrumpida por un rebaje en donde se aloja un obturador 46. El obturador 46 puede moverse entre una primera posición, o posición cerrada, y una segunda posición o posición abierta. En su primera posición o posición cerrada, el obturador 46 forma una parte continua de la porción 40 de pared curvada en donde el tubo 36 está alojado, de modo que los rodillos planetarios 22, 26 puedan apretar el tubo 36. En su segunda posición o posición abierta el obturador 46 está dispuesto de modo que en la zona del mismo no pueda apretarse el tubo 36, sino que éste pueda estar relajado y sin tensiones de modo que, en particular con fines de esterilización, pueda pasar aire o fluido libremente a través del tubo 36 cuando no esté funcionando la bomba 2, ni por lo tanto el mecanismo de bomba peristáltica giratoria dentro del cartucho 4 de bomba, y un rodillo planetario 22 o 26 esté situado en la zona del obturador 46. El obturador 46 está configurado y dispuesto de modo que mediante una acción de prensado se mueva el mismo a su primera posición, o posición cerrada, cuando el cartucho 4 de bomba esté fijado al módulo 6 de bomba (véase la Fig. 1). Adicionalmente, el obturador 46 está configurado y dispuesto de modo que permanezca en su primera posición o posición cerrada cuando el cartucho 4 de bomba se libere del módulo 6 de bomba, para evitar el flujo libre.

Así pues, el mecanismo de bombeo peristáltico giratorio de acuerdo con la realización preferida ilustrada presenta cuatro etapas o capas operativas a lo largo de su altura. Una implementación preferida, como se muestra, presenta una primera capa operativa que define una primera capa de rodamiento que incluye una primera disposición de rodamiento de rodillos proporcionada por los rodillos planetarios 22, 26, el rodillo central o madre 24 y el primer anillo 30 de rodamiento exterior, una segunda capa que es una capa de bombeo que incluye un medio de bomba peristáltica giratoria proporcionada por los rodillos planetarios 22, 26, el rodillo central o madre 24, el tubo 36 y la porción 40 de pared, una tercera capa que define una segunda capa de rodamiento que incluye una segunda disposición de rodamiento de rodillos proporcionada por los rodillos planetarios 22, 26, el rodillo central o madre 24 y el segundo anillo 32 de rodamiento exterior, y finalmente una cuarta capa que define una capa de engranajes epicíclicos proporcionada por los engranajes planetarios 220, 260, el engranaje central o madre 240 y el anillo 38 de engranaje exterior. Debido a esta disposición, se logra una distribución apropiada de fuerzas en los rodamientos, en donde la cavidad de la parte inferior 21 de la carcasa que aloja el tubo 36 comprende la mencionada sección transversal en forma de "Π", estando su altura limitada por los anillos 30, 32 de rodamiento exteriores de las capas de rodamiento y estando su anchura radial limitada por la porción 40 de pared curvada, para un apriete completo del tubo 36, como se muestra en la Fig. 4, a una presión máxima según se requiera de la bomba.

La Fig. 5 muestra la primera capa de rodamiento que comprende el rodillo cilíndrico central o madre 24 de accionamiento y los rodillos planetarios 22, 26 que están en contacto con el rodillo central o madre 24, y el primer anillo 30 de rodamiento exterior que forma una corona de 360 °, lo que asegura que, como en todos los rodamientos, al apretar el tubo 36 las fuerzas opuestas que actúan contra los rodillos planetarios 22, 26 provoquen una reacción forzada en las partes de rodamiento de los tres rodillos 22, 24, 26 en línea, y, por ende, se vean compensadas y eliminadas entre sí. Así pues, no existe fricción en los ejes de rotación (no mostrados) de los rodillos 22, 24, 26 ya que no se ven sometidos a fuerza radial alguna, lo que resulta en una reducción del consumo de la batería en comparación con la técnica anterior. Debido a la compensación de las fuerzas contrarias, podría considerarse alternativamente el hecho de omitir el pasador central 28a en la parte superior del soporte 28 de engranajes.

La Fig. 6 muestra una segunda capa que define la capa de la bomba que no comprende un cuerpo o cilindro cerrado a 360 °, como en las capas restantes, sino que está abierto a 170 ° aproximadamente, en donde cada rodillo planetario 22, 26 funciona como un rodillo de bombeo peristáltico giratorio que aprieta el tubo elástico 36 contra la porción 40 de pared exterior de la parte inferior 21 de la carcasa, como se muestra en la Fig. 4.

La Fig. 7 muestra una segunda capa de rodamiento que comprende el rodillo cilíndrico central o madre 24 de accionamiento y los rodillos planetarios 22, 26 que están en contacto con el rodillo central o madre 24, y el segundo anillo 32 de rodamiento exterior una corona de 360 °, lo que asegura que, como en todos los rodamientos, al apretar el tubo 36 las fuerzas opuestas que actúan contra los rodillos planetarios 22, 26 provoquen una reacción forzada en las partes de rodamiento de los tres rodillos 22, 24, 26 en línea, y, por ende, se vean compensadas y eliminadas entre sí. Así pues, no existe fricción en los ejes de rotación (no mostrados) de los tres rodillos 22, 24, 26, dado que no están sometidos a fuerza radial alguna.

Por último, la Fig. 8 muestra la capa de engranajes que comprende el anillo 38 de engranaje exterior que especifica la posición de los engranajes planetarios 220, 260 en relación con la rotación del engranaje central o madre 240, que gira a través del acoplamiento con un motor (no mostrado) en el módulo 6 de bomba. La posición del engranaje central o madre 240 es estable en el centro del anillo 38 de engranaje exterior. La distancia nominal de los dientes de engranaje para un buen funcionamiento y una menor fricción del anillo de engranaje está determinada por la primera y segunda capas de rodamiento, que se muestran en las Figs. 5 y 7, en donde los rodillos 22, 24, 26 determinan la distancia exacta de los respectivos dientes.

Como puede observarse a partir de la descripción anterior, el rodillo planetario 22 y el engranaje planetario 220 forman comúnmente un primer cuerpo giratorio integral, el rodillo central o madre 24 y el engranaje planetario 240 forman comúnmente un segundo cuerpo giratorio integral, y el rodillo planetario 26 y el engranaje planetario 260 forman comúnmente un tercer cuerpo giratorio integral. Estos cuerpos giratorios integrales, porciones de pared de las partes inferior y superior 20, 21 de la carcasa y otros componentes comprenden una forma ligeramente cónica en la misma dirección, para lograr una estructura cuya sección transversal tenga ligeramente forma de V, en donde el ángulo de la "V" define un ángulo de tracción necesario para desmoldar dichos componentes en el caso de producción con plástico. La mencionada estructura ligeramente cónica o en forma de V puede intuirse en la Fig. 4, pero se ha exagerado en la Fig. 9 en pos de una mejor ilustración.

A saber, los rodillos 22, 24, 26 no pueden moldearse por inyección si han de tener una forma completamente cilíndrica. Si bien no presentan una línea de partición a los lados, es necesario que tengan un ángulo de tracción de determinados grados de cara al desmoldeo, lo que da como resultado el efecto negativo de que si la carcasa o cuerpo son cilíndricos y los rodillos son ligeramente cónicos, habrá un juego o tolerancia en una de las dos etapas de rodamiento que no resultará aceptable. Por lo tanto, para resolver el problema del moldeo por inyección mencionado anteriormente la construcción anteriormente mencionada tiene una forma cónica ligeramente en forma de V, teniendo en cuenta la regla de diseño de que las formas cónicas en todos los rodillos y en la carcasa o cilindro conllevan un movimiento de rodadura perfecto unos sobre otros bajo la condición de que todas las líneas cónicas

intersequen en un solo punto, como se muestra esquemáticamente en la Fig. 9b. Así pues, la carcasa o cilindro, el rodillo madre o central 24 y los rodillos planetarios 22, 26 tienen una forma ligeramente cónica de modo que sus líneas laterales intersequen en un punto alejado del cartucho 4 de bomba ya que el ángulo de tracción es relativamente pequeño, como resulta evidente a partir de la Fig. 9a. Mientras que los rodillos planetarios 22, 26 y sus engranajes 220, 260 asociados están inclinados, el engranaje madre o central 240 es cilíndrico de modo que los rodillos planetarios 22, 26 y el engranaje central o madre 24 rueden y engranen entre sí. Las paredes interiores de la carcasa o cilindro también están ligeramente inclinadas para que coincidan con la superficie de los rodillos 22, 24, 26, lo que también es aplicable a los dos anillos 30, 32 de rodamiento exteriores que hacen contacto con los rodillos 22, 26 para permitir la acción de rodamiento.

Su tubo elástico 36 está fabricado preferentemente con caucho o silicona moldeada por inyección, lo que da como resultado una tolerancia en la producción de solo hasta el 1 %, lo cual es un requisito para reemplazar las bombas de jeringa que tienen una tolerancia de precisión de flujo total de aproximadamente el 2 %. También preferentemente, el tubo elástico 36 no presenta en su estado relajado una sección transversal redonda, sino que tiene lo que se denomina sección transversal elíptica o en ángulo hacia arriba y hacia abajo con una forma similar a la disposición de dos paréntesis orientados uno hacia otro, es decir "()", lo que da como resultado una reducción drástica de la energía necesaria y, por ende, de la capacidad y el tamaño de la batería.

Dado que el tubo elástico 36 está moldeado por inyección, preferentemente fabricado con silicio moldeado por inyección y con una sección transversal que, como se mencionó anteriormente, puede tener diferentes tamaños y secciones transversales de cara a anular una infusión con impulsos, para reducir el índice de constancia y la potencia necesaria, y para conseguir una mejor detección de la presión y una fijación estanca del conector estriado en la entrada 50 y la salida 52 del tubo 36. Esto resulta posible porque el proceso de desmoldeo se lleva a cabo soplando el tubo sobre un pasador de inserción. Adicionalmente, puede seleccionarse un tipo particular de material y puede tratarse la superficie del tubo para reducir la fricción de rodadura.

De acuerdo con la presente invención, el tubo 36 se divide en cuatro secciones o zonas de rotación que están definidas como la primera a cuarta zonas A a D, que se unen directamente entre sí desde la entrada 50 hasta la salida 52 en la orientación aguas abajo definida por la dirección del flujo de un fluido y representada por la flecha A, como se muestra en Fig. 10.

La primera zona A que está situada aguas abajo junto a la entrada 50 y que define la zona más aguas arriba se proporciona de modo que un rodillo planetario 22 o 26 enganche con el tubo 36 durante el movimiento a lo largo de la primera zona A. La primera zona A se extiende a lo largo de una distancia angular (que define su longitud) en unos pocos grados, preferentemente de 5 ° a 15 °, y se proporciona como una etapa de gestión de la presión o de seguridad. Al enganchar con el tubo 36, el rodillo planetario 22 o 26 comienza a apretar el tubo 36 de modo que se encapsule fluido dentro del tubo 36 entre dicho rodillo planetario y un rodillo planetario precursor o delantero. La primera zona A garantiza la seguridad gracias al relevo entre uno de los rodillos planetarios (p. ej. el 22) y el siguiente rodillo planetario (p. ej. el 26), en donde no existe flujo libre por el hecho de que al menos un rodillo planetario 22, 26 está apretando el tubo 36 en todo momento, incluso en el caso de que el rodillo planetario 22 o 26 haya perdido la separación perfecta durante la fabricación. Además, en la primera zona A, que define la sección inicial o etapa de rotación, aumenta la sección transversal del tubo 36 de modo que la presión se acumule tal como se representa en la ecuación anteriormente mencionada

$$V + \Delta V_2 / \Delta \phi - \Delta V_1 / \Delta \phi = V + V_{\text{diferencia}}$$

para nivelar la presión en la salida 52 del tubo 36 a la presión de infusión deseada y evitar un choque hidráulico al desenganchar del tubo 36 un rodillo planetario 22 o 26. Esto resulta útil para infusiones subcutáneas que tengan una presión elevada aguas abajo. Dado que para la infusión intravenosa no se requiere un aumento de presión, el tubo 36 situado dentro de la primera zona A tiene una sección transversal nominal o estándar.

Debido al deseo de lograr una infusión constante, resulta deseable un flujo de fluido de infusión constante (desplazamiento de volumen ΔV) por unidad de tiempo (Δt) a lo largo de la trayectoria de rodadura de los rodillos planetarios 22, 26 y, por lo tanto, a lo largo de todo el tubo 36, cuando los rodillos planetarios 22, 26 rueden con una velocidad de rotación constante $\omega = 2\pi/t$ a lo largo del tubo 36. Para lograr esto, el volumen ΔV creado por la acción de desplazamiento de volumen de los rodillos planetarios 22, 26 debe ser constante a lo largo de la trayectoria de rodadura de los rodillos planetarios 22, 26, debido a la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo} = \Delta V / \Delta t = (\Delta V / \Delta \phi) \cdot (\Delta \phi / \Delta t) = (\Delta V / \Delta \phi) \cdot C,$$

donde $C = \Delta \phi / \Delta t = \omega$ es una constante que representa una velocidad de rotación constante de los rodillos planetarios 22, 26 en unidad angular por unidad de tiempo.

Por lo tanto, la acción de desplazamiento de volumen por grados de rotación de un rodillo planetario 22, 26 deberá ser constante en cualquier punto del ciclo de infusión, en donde en una realización con dos rodillos planetarios de acuerdo con la presente realización, como se describe e ilustra en el presente documento, están presentes dos

ciclos por revolución. La segunda a cuarta zonas B a D, como se describe a continuación, aseguran que se satisfagan estas necesidades.

5 La segunda zona B, que sigue a la primera zona A en dirección aguas abajo, comienza en un punto de partida donde un rodillo planetario 22 o 26 entra en la segunda zona B al mismo tiempo que el rodillo planetario delantero deja de apretar el tubo 36 y va a desengancharse del tubo 36, para que se produzca un flujo de comunicación. En ese momento, el rodillo planetario seguidor o posterior simplemente entra en la segunda zona B y toma el relevo en la infusión. El tubo 36 tiene en la segunda zona B una sección transversal más alta de lo normal, y en particular en la tercera y cuarta zonas C y D. La sección transversal de la segunda zona B aumenta en una cantidad que conlleva un aumento de volumen que es al menos igual a un aumento de volumen $\Delta V_d/\Delta\phi$ en la cuarta zona D, como resultado de que el rodillo planetario delantero se desenganche del tubo 36. Dicho de otra forma, el aumento del volumen debido a una mayor sección transversal dentro de la zona B es al menos igual a un vacío causado por el desenganche o liberación del rodillo planetario precursor o delantero con respecto al tubo 36 cuando se desplaza a lo largo de la cuarta zona D. Así pues, dicho vacío se ve compensado y se logra un equilibrio del flujo de fluido.

15 La tercera zona C, que sigue aguas abajo de la segunda zona B, comienza en un punto de inicio donde el rodillo planetario seguidor o posterior entra en la tercera zona C, al tiempo que el rodillo planetario precursor o delantero ya se ha desacoplado del tubo 36 y, por lo tanto, ya no hace contacto con el tubo 36. Preferentemente, la tercera zona C comprende una sección transversal normal o nominal que está dimensionada de modo que se logre un flujo lineal del fluido a través de la tercera zona C, para llevar a cabo una infusión a una tasa estándar $\Delta V/\Delta\phi$. De acuerdo con la realización ilustrada en la figura 10, la suma de la distancia angular de la segunda zona B y de la distancia angular de la tercera zona C es 180° en total para la realización que cuenta con dos rodillos planetarios 22, 26 que están dispuestos diametralmente opuestos al rodillo central o madre 24, como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figs. 3 a 8. En el caso de una realización alternativa (no mostrada) que cuenta con tres rodillos planetarios que están separados del rodillo central o madre por la misma distancia radial, en donde dos rodillos planetarios colindantes están separados entre sí por una distancia angular de 120° , la suma de la distancia angular de la segunda zona B y la distancia angular de la tercera zona C es 120° en total.

30 La cuarta y última zona D, que sigue aguas abajo de la tercera zona C y que es la zona más aguas abajo, está adaptada para que los rodillos planetarios 22, 26 se desenganchen del tubo 36 durante el desplazamiento a lo largo de la cuarta zona D. A saber, la cuarta zona D se proporciona para una liberación controlada del rodillo planetario precursor o delantero con respecto al tubo 36, en donde, de acuerdo con la realización ilustrada, se logra una liberación controlada debido a un aumento del radio de curvatura, $r + \Delta r/\Delta\phi$. En particular, el aumento del radio puede seguir a una línea asintótica o una porción de una espiral. Esta curvatura controlada define un arco de desenganche que depende de la capacidad de aumentar la sección transversal del tubo 36 en la segunda zona B, y que no puede ser mínimo ya que entonces se necesitaría una gran burbuja en la segunda zona B, lo que dificulta la producción.

40 El vacío de volumen creado por el desenganche o liberación de un rodillo planetario 22 o 26 con respecto al tubo 36 sirve para determinar o calcular el volumen de la segunda zona B que tiene una sección transversal aumentada del tubo 36. Dicho de otra forma, a la vista de $+\Delta V_d/\Delta\phi$, se calcula que el aumento del volumen en la segunda zona B es igual al vacío de volumen creado adicionalmente en la cuarta zona D debido al desenganche o liberación del rodillo planetario con respecto al tubo 36. Así pues, el vacío de volumen creado por $\Delta\phi$ de acuerdo con $-V_d/\Delta\phi$ dentro de la cuarta zona D se ve igualmente compensado por una supuesta sobreinfusión causada por una mayor sección transversal del tubo dentro de la segunda zona B, de acuerdo con $+\Delta V_b/\Delta\phi$, con $\Delta V_b/\Delta\phi = \Delta V_d/\Delta\phi$

y por lo tanto

50
$$(\Delta V/\Delta\phi + \Delta V_b/\Delta\phi) - (\Delta V_d/\Delta\phi) = \Delta V/\Delta\phi$$

lo que resulta en un flujo constante en cualquier posición angular ϕ debido a un equilibrio del flujo del fluido, de modo que para cada punto en la cuarta zona D haya un punto colgante de compensación en la segunda zona B.

55 Así pues, existe una correlación de la curvatura del tubo 36 con el aumento de la sección transversal de una porción aguas arriba del tubo 36 correspondiente a la segunda zona B, de modo que el volumen adicional del tubo 36 creado por el desenganche o liberación del rodillo planetario con respecto al tubo 36 dentro de la cuarta zona D se vea compensado por el volumen adicional proporcionado por una mayor sección transversal del tubo 36 a lo largo de la segunda zona B. De acuerdo con la realización como se ilustra en la figura 10, la suma de la distancia angular de la tercera zona C y de la distancia angular de la cuarta zona D es 180° en total para la realización que cuenta con dos rodillos planetarios 22, 26 que están dispuestos diametralmente opuestos al rodillo central o madre 24, como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 3 a 8. En el caso de una realización alternativa (no mostrada) que cuenta con tres rodillos planetarios que están separados del rodillo central o madre por la misma distancia radial, en donde dos rodillos planetarios colindantes están separados entre sí por una distancia angular de 120° , la suma de la distancia angular de la tercera zona C y la distancia angular de la cuarta zona D es 120° en total.

65 Por ende, el aumento de volumen por ángulo de rotación viene dado por el rodillo planetario posterior que se

desplaza a lo largo de la segunda zona B una vez que haya comenzado una liberación o desenganche del rodillo planetario delantero con respecto al tubo 36 en la cuarta zona D. Como resultado, el rodillo planetario posterior sostiene el flujo requerido del fluido.

5 Así pues, el flujo $(\Delta V/\Delta\phi) \cdot \omega$ frente a un rodillo planetario 22 o 26 en caso de que solo un rodillo planetario enganche con el tubo 36 en la tercera zona C deberá ser igual y constante al flujo $(\Delta V_2/\Delta\phi + \Delta V_1/\Delta\phi) \cdot \omega$ en caso de enganche de dos rodillos planetarios 22, 26 en la segunda zona B y la cuarta zona D, respectivamente. Dado que $(\Delta V_1/\Delta\phi)$, causado por el rodillo planetario precursor o delantero (p. ej., 22) pasa a ser negativo debido a la succión en la cuarta zona D, $\Delta V_2/\Delta\phi$, creado por el rodillo planetario seguidor o posterior (p. ej., 26) que se desplaza a lo largo de la segunda zona B, deberá ser positivo para equilibrar la suma de $\Delta V_1/\Delta\phi$ and $\Delta V_2/\Delta\phi$ para que sea igual a $\Delta V/\Delta\phi$ dentro de la tercera zona C, a lo largo de la cual solo se está desplazando un rodillo planetario 22 o 26 a la vez. Por consiguiente, como ya se ha descrito anteriormente, si la sección transversal del tubo 36 dentro de la cuarta zona D es igual a la sección transversal del tubo 36 dentro de la tercera zona C, la sección transversal del tubo 36 dentro de la segunda zona B deberá ser mayor para compensar la pérdida. Pueden utilizarse emuladores de flujo numéricos disponibles en el mercado y conocidos en la técnica anterior para calcular el vacío y la compensación. Si los rodillos planetarios no tienen un diámetro mínimo, lo que resulta en una descompresión y apertura tardías del tubo 36 dentro de la cuarta zona D, puede notarse una succión procedente de la salida 52 antes de la apertura cuando vaya a desengancharse o soltarse del tubo 36 el rodillo planetario delantero, mientras no sea posible todavía un flujo desde atrás. Esto puede corregirse permitiendo una apertura rápida del flujo sin perturbar el desenganche o liberación controlada del rodillo planetario dentro de la cuarta zona D, lo cual puede llevarse a cabo proporcionando un sumidero (no mostrado) dentro del tubo elástico que comience en el inicio de la cuarta zona D, para abrir repentinamente el flujo sostenido por el rodillo planetario posterior. Con una apertura repentina del flujo, en lugar de un sumidero dentro del tubo, también resulta posible proporcionar con el mismo efecto un escalón 48 de anchura parcial o total como se muestra adicionalmente en la Fig. 3, en donde la sección transversal en forma de "Π" de la cavidad anteriormente mencionada de la parte inferior 21 de la carcasa se hace más profunda en la dirección radial dentro de la cuarta zona D, para llevar a cabo un retroceso pronunciado de la porción 40 de pared para la profundidad necesaria para abrir solo el flujo desde detrás del tubo 36, en donde el resto de la cuarta zona D se proporciona para un desenganche controlado de los rodillos planetarios con respecto al tubo 36 en asociación con el volumen aumentado de la segunda zona B, según se ha descrito anteriormente.

30 La distancia angular (que define la longitud) de la segunda zona B es preferentemente igual a la distancia angular de la cuarta zona D y puede ser preferentemente de 20 ° a 60 ° para una liberación o desenganche controlado realista del rodillo planetario delantero del tubo 36, dentro de la cuarta zona D, sin perturbación alguna del flujo. Un aumento de la distancia angular supondría un menor aumento de zona por grado, y una disminución de la distancia angular daría como resultado un mecanismo más pequeño. Así pues, la construcción depende de las especificaciones de uso, en donde todas las posibilidades desde unos pocos grados hasta 180 ° pueden ofrecer un flujo constante. La suma de las distancias angulares de las cuatro secciones A a D debe ser igual o menor a 360 °.

40 Mientras que la primera zona A se proporciona para que los rodillos planetarios 22, 26 enganchen con el tubo 36 durante el movimiento a lo largo de la primera zona A, y la cuarta zona D se proporciona para que los rodillos planetarios 22, 26 se desenganchen del tubo 36 durante el movimiento a lo largo de la cuarta zona D, la segunda y tercera zonas B y C se proporcionan de modo que al menos el rodillo planetario 22 o 26 permanezca enganchado con el tubo 36 durante el movimiento a lo largo de la segunda y tercera zonas B y C.

45 A continuación se describe cómo funciona la construcción anteriormente mencionada de acuerdo con una realización preferida de la presente invención:

50 Al mismo tiempo que se desengancha o libera del tubo 36 un rodillo planetario precursor o delantero al final de la cuarta zona D, un rodillo planetario seguidor o posterior (p. ej., el 22) está a punto de entrar en la tercera zona C de modo que este último rodillo planetario tome el relevo como un nuevo rodillo planetario precursor o delantero, que en ese momento será el único rodillo planetario que está en contacto con el tubo 36, y por lo tanto apretando el mismo mientras se desplaza a lo largo de la tercera zona C. Así pues, se proporciona una infusión constante $\Delta V/\Delta\phi$. Antes de que este último rodillo planetario mencionado, que ahora es el rodillo planetario delantero, alcance la porción terminal de la tercera zona C, el siguiente rodillo planetario aguas arriba (p. ej., el 26) entrará en la primera zona A y en contacto con el tubo 36, apretando el mismo, de modo que entre estos dos rodillos planetarios 22, 26 colindantes quede encapsulado un volumen estándar o nominal dentro del tubo 36. La encapsulación de un volumen con la misma cantidad repetible asegura la precisión deseada en la infusión. Esto se asegura fijando el tubo 36 a la porción 40 de pared debido a la cooperación entre los ganchos 42 en el tubo 36 y los correspondientes rebajes 44 en la porción 40 de pared.

60 Preferentemente, la sección transversal del tubo 36 en la primera zona A puede ser mayor que la sección transversal de la tercera zona C, en donde en particular la sección transversal del tubo 36 en la primera zona A disminuye desde una cantidad elevada, al comienzo de la primera zona A, hasta una cantidad normal o nominal al final de la primera zona A correspondiente a la cantidad normal o nominal de la sección transversal del tubo 36 en la tercera zona C. Así pues, dentro de la primera zona A puede generarse una presión de infusión aumentada que sea más alta que la presión dentro de la línea de infusión correspondiente a la presión atmosférica, dando como resultado que dentro de

la primera zona A el tubo 36 se infla debido a

$$V + \Delta V_2 / \Delta \varphi - \Delta V_1 / \Delta \varphi = V + V_{\text{diferencia}}$$

5 Dicho aumento de presión de infusión puede ser menor o nulo para infusiones intravenosas y mayor para infusiones subcutáneas. Como resultado, después de desenganchar o liberar el rodillo planetario delantero con respecto al tubo 36 dentro de la cuarta zona D, la presión en ese punto podrá ser igual a la presión aguas abajo y, por lo tanto, el flujo de fluido fuera del volumen encapsulado será esencialmente uniforme. Así pues, no habrá reflujos de fluido hacia el interior del tubo elástico 36 dado que las presiones delante y detrás de dicho rodillo planetario serán esencialmente iguales.

10 Como ya se ha mencionado anteriormente, en la realización descrita que presenta dos rodillos planetarios 22, 26, al mismo tiempo que el rodillo planetario posterior situado aguas arriba sale de la primera zona A y entra en la segunda zona B, el rodillo planetario precursor o delantero sale de la tercera zona C y entra en la cuarta zona D y, por ende, comienza a soltarse o desengancharse del tubo 36. Debido a la liberación o desenganche con respecto al tubo 36, se genera una comunicación que se abre debajo del rodillo planetario delantero, dando como resultado una liberación inmediata de la alta presión opcional del fluido creada en la primera zona A. Esto conlleva un equilibrio de las presiones de modo que no se produzca una perturbación de la presión y del flujo, que de otro modo resultaría del hecho de que una presión de infusión más alta podría hacer que el fluido regrese e infle el tubo elástico y cree un impulso negativo momentáneo del flujo.

15 Durante el movimiento simultáneo a lo largo de la segunda y cuarta zonas B y D, cada liberación parcial del rodillo planetario precursor o delantero dentro de la cuarta zona D crea un vacío, y cada rotación parcial del rodillo planetario posterior aguas arriba dentro de la segunda zona B crea una sobreinfusión, los cuales, sin embargo, están esencialmente equilibrados entre sí de modo que la infusión se mantendrá esencialmente constante debido a la compensación de las diferencias de flujo debido a la configuración especial de la segunda zona B, como se ha explicado anteriormente.

20 La Fig. 11 muestra el efecto de la corrección sin impulsos anteriormente descrita en forma de gráfico de peso frente al ángulo de rotación de los rodillos planetarios 22, 26, en todo el intervalo angular completo de 0 ° a 360 °, en donde la curva "a" representa la situación antes de la corrección y muestra un impulso para cada uno de los dos ciclos de infusión por rotación, en los dos puntos de intercambio de rodillo, cuando ambos rodillos planetarios todavía están enganchados simultáneamente con el tubo 36, y la curva "b" muestra una situación sin impulsos tras la corrección debido a las mediciones como se ha descrito anteriormente y, por ende, define una línea esencialmente recta.

25 La Fig. 12 muestra una curva de trompeta con las correcciones de linealidad de flujo anteriormente mencionadas, pero sin utilizar ningún medio electrónico de corrección adicional, de modo que coincida con las mejores bombas de jeringa, en donde el índice de constancia según lo definido anteriormente es inferior a 2 min para adaptarse a las actuales necesidades de infusión de fármacos de corta duración. La curva de trompeta es un gráfico bien conocido en el campo de la infusión y se basa en una medición estadística en donde, para más detalles, se hace referencia a la Norma Internacional IEC 60601-2-24.

30 Es sabido en la técnica que la corrección de flujo también puede llevarse a cabo mediante una aceleración temporal de la velocidad del motor en los denominados ángulos de rotación de infusión (impulso). A saber, como se muestra a partir de la ecuación anteriormente mencionada caudal = $(\Delta V / \Delta \varphi) \cdot (\Delta \varphi / \Delta t)$, una disminución de ΔV en un ángulo predeterminado φ puede compensarse con un aumento de $\Delta \varphi / \Delta t$. Sin embargo, esta solución no tuvo éxito comercial en los años 90 ya que los pacientes se quejaban de que una bomba de este tipo no resultaría apta al percibirse erróneamente un flujo irregular debido a un supuesto sonido de irregularidad del motor. Si se efectúa una ligera aceleración y desaceleración del motor tras una corrección de flujo mecánica, tal como se ha descrito anteriormente, no será posible percibir la misma, de modo que en tal caso la comercialización ya no supondrá un problema.

35 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un mecanismo de bomba peristáltica giratoria con una sección de volumen aumentado del tubo 36 dentro de la segunda zona B y, más adelante, un aumento repentino de la profundidad debido al escalón 48 dentro de la abertura de la cuarta zona D para la corrección de flujo, asociada preferentemente con diferentes configuraciones (no iguales) de temporización por paso del motor a velocidades bajas. Tal paso se define como lo que se conoce por paso de retroalimentación de posicionamiento del motor en donde, en una realización preferida, hay aproximadamente 80 pasos por media rotación correspondiente a una sección de relé de rodillo de 180 °, en donde una velocidad de infusión determina un tiempo de interrupción normalmente constante por paso. Si la corrección mecánica anteriormente mencionada no es perfecta, de un volumen medido a un gráfico de pasos, debe observarse que las porciones de la curva que están por encima de una línea de velocidad representan una infusión que requiere una menor interrupción de temporización, y las porciones que están por debajo de la línea de velocidad representan una infusión que requiere una menor interrupción de temporización, en donde una tabla de consulta de corrección electrónica por paso de infusión está definida y determina el tiempo de cada paso para corregir completamente la linealidad del flujo. Con diferencias tan pequeñas en la sincronización, los usuarios ya no perciben una corrección electrónica adicional.

El índice de constancia se reduce drásticamente debido a la anteriormente mencionada linealidad en la infusión y, en combinación con un tubo fabricado mediante moldeo por inyección, puede lograrse una tolerancia (precisión) de producción de como máximo un 2 %, lo que hace que una bomba peristáltica sea tan apta como una bomba de jeringa, en particular para fármacos biológicos, infusión de insulina, así como catecolaminas, heparina y nitratos que requieran una precisión a corto plazo con un índice de constancia bajo y una precisión elevada. En particular para los medicamentos biológicos y la insulina, el mecanismo de bomba puede estar provisto de un cilindro cuyo diámetro sea de solo 10 mm, lo que permite un tamaño extremadamente pequeño en combinación con depósitos multicapa (p. ej., para barreras de oxígeno y CO₂) (es decir, que comprendan un material de polipropileno con baja temperatura en el exterior y alta temperatura en el interior e incluyan un material aglutinante tal como TPE, u otros materiales de barrera tales como politetrafluoroetileno (PTFE) o cloruro de polivinilideno (PVDC) o alcohol etilvinílico (EVOH), como se conocen p. ej. a partir del documento 9.162.025 B2) en los cuales pueda almacenarse un medicamento precargado durante muchos años. Así pues, es posible proporcionar una bomba cuyo tamaño total sea de 6,45 cm² (1 pulgada cuadrada). Por lo tanto, la presente tecnología puede utilizarse para inyectores de bolo de alto volumen. Para los fluidos biológicos y la insulina se necesitan volúmenes bajos y, por lo general, velocidades ultrabajas para que pueda proporcionarse una bomba de parche completa con el cartucho consumible 4 de bomba anteriormente mencionado como mecanismo de infusión (que comprenda adicionalmente una aguja de infusión de teflón (PTFE), como se conoce en la técnica anterior) sin un motor convencional, sino un engranaje de dientes de sierra de accionamiento conectado directamente en combinación con el rodillo central o madre 24, 240, en donde dicho engranaje de accionamiento gira diente a diente a través de un trinquete que hace avanzar la rotación pero bloquea una rotación contraria debido a la fuerza de un resorte, cargado para la expansión, pudiendo comprender dicho resorte un elemento termorretráctil fabricado con una aleación con memoria de forma, tal como un alambre de nitinol que se conoce a partir del documento US 6 656 159 B2. Dicho alambre con memoria de forma se contrae mediante energía eléctrica y desplaza un diente de engranaje, lo que da como resultado unos cuantos ángulos de rotación del rodillo central o madre y, cuando se corta la energía eléctrica, se expande por la fuerza del resorte hasta una posición de espera para enganchar el siguiente diente.

Para la nutrición parenteral, un depósito precargado conocido en la técnica incluye tres o más compartimentos que están precargados con nutrientes que pueden mezclarse a mano para romper el sellado entre los compartimentos antes de su uso. Para evitar la contaminación de manera más efectiva, la autoadministración del contenido por parte de pacientes no capacitados es posible de la siguiente manera:

El depósito precargado comprende tres o más compartimentos precargados que incluyen unas tiras de sellado entre los mismos, que pueden abrirse con la mano para mezclar los contenidos. El cartucho de bomba puede conectarse fluidicamente al depósito a través de una válvula de entrada de tres vías, para evitar el riesgo de una contaminación aguas arriba de una conexión de tipo punta de la técnica anterior. Además, en el extremo distante del tubo aguas abajo se proporciona un conector Luer anticontaminación (como se da a conocer en el documento EP 2 756 863 A1 o US 2014/0207118 A1), en donde al principio se produce un cebado por gravedad tras abrir dicha válvula manualmente, en donde el flujo se detiene en una membrana hidrofóbica del conector, y luego el usuario retira un tapón de su catéter venoso central y de dicho conjunto de conector y desecha ambos tapones conectados entre sí, y luego efectúa la conexión requerida sin tocar parte alguna del catéter que no sea la parte trasera del conector y sin riesgo alguno de contaminación en ambos extremos de la línea de infusión. A continuación, se acopla un controlador de accionamiento de la bomba al sistema de infusión. El depósito comprende, en particular en uno de sus bordes, una etiqueta RFID en la que se almacena el contenido nutricional. El contenido nutricional y su volumen son registrados por la bomba y enviados de forma inalámbrica a un servidor distante, donde se almacenan en una base de datos y se envían al personal médico en vista de las fechas para una revisión nutricional. Adicionalmente, el depósito precargado puede estar provisto de microestrías internas que no permitan el autosellado de los lados de plástico por succión, de modo que dicho depósito pueda utilizarse incluso en posición horizontal o de forma ambulatoria sin el riesgo de generar alarmas por oclusión aguas arriba.

A modo de ejemplo, en la Fig. 13 se muestra un depósito 60 de medicación precargado que incluye tres compartimentos o cámaras 62. Como se observará más adelante en la Fig. 13, una etiqueta RFID 64 está situada en la zona 60a de borde inferior del depósito 60 de medicación. Preferentemente, la etiqueta 64 puede estar soldada al material del depósito 60 de medicación entre las láminas superior e inferior. En la realización ilustrada de acuerdo con la Fig. 13, también está dispuesto un cartucho 4 de bomba en la porción 60a de borde inferior del depósito 60 de medicación. En contraste con lo que se muestra en las Figs. 1 a 3, no está presente una punta ya que la entrada del mecanismo de bomba peristáltica giratoria del cartucho 4 de bomba está en comunicación fluida directa con el depósito 60 de medicación. Se proporciona una antena 66 a la que está acoplada la etiqueta 64, en forma de un patrón de alambre que rodea el cartucho 4 de bomba de modo que se asegure que un lector de etiquetas, incluido en un módulo 6 de bomba o un controlador de bomba, pueda leer siempre el contenido de la etiqueta que, por cierto, también está impreso en el depósito 60 de medicación. Así mismo, la Fig. 13 muestra un tubo aguas abajo 68 que está acoplado a la salida del mecanismo de bomba peristáltica giratoria dentro del cartucho 4 de bomba y que se extiende hasta un conector luer anticontaminación (no mostrado), fijado al conector de catéter de un paciente (que tampoco se muestra).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de bomba de infusión, que comprende un medio de bomba peristáltica que incluye
- 10 - un tubo (36) estacionario flexible, preferentemente elástico, que tiene una entrada (50) y una salida (52) y se proporciona para alojar un fluido que fluye en dirección aguas abajo desde la entrada (50) hasta la salida (52), y
- 15 - al menos dos elementos (22, 26) de enganche que están separados entre sí por una distancia constante predeterminada y que se proporcionan para que enganchen localmente con el tubo (36) y para ser desplazados repetidamente a lo largo del tubo (36), en dirección aguas abajo, para apretar localmente el tubo (36) y lograr una acción de bombeo durante el movimiento del elemento de enganche a lo largo del tubo (36) y para encapsular un volumen del tubo (36) entre dos elementos (22, 26) de enganche colindantes,
- 20 - en donde el tubo (36) comprende unas primera a cuarta zonas (A a D) que se unen directamente entre sí en dirección aguas abajo,
- 25 - en donde la primera zona (A), que es la zona más aguas arriba, se proporciona de modo que un elemento (22, 26) de enganche pueda enganchar con el tubo (36) durante el movimiento a lo largo de la primera zona (A),
- en donde la segunda y tercera zonas (B, C) se proporcionan de modo que un elemento (22, 26) de enganche permanezca enganchado con el tubo (36) durante el movimiento a lo largo de la segunda y tercera zonas (B, C),
- 30 - en donde la cuarta zona (D), que es la zona más aguas abajo, se proporciona de modo que pueda desengancharse del tubo (36) un elemento (22, 26) de enganche durante el movimiento a lo largo de la cuarta zona (D),
- en donde la longitud de cada una de la primera, segunda y cuarta zonas (A, B y D) es más corta que la distancia entre los dos elementos (22, 26) de enganche colindantes, y
- 35 - en donde la sección transversal de la segunda zona (B) es mayor que la sección transversal de la tercera zona (C) en una cantidad que conlleva un aumento de volumen que es al menos igual a un aumento de volumen desplazado en la cuarta zona (D), como resultado de desenganchar del tubo (36) un elemento (22, 26) de enganche,
- caracterizado por que
- 40 - la segunda zona (B), que sigue a la primera zona (A) en dirección aguas abajo, comienza en un punto de partida donde un elemento (22) de enganche entra en la segunda zona al mismo tiempo que un elemento (26) de enganche delantero colindante situado en la cuarta zona (D) simplemente deja de apretar el tubo (36), y va a desengancharse el mismo del tubo (36) para que surja una comunicación de flujo,
- 45 - la tercera zona (C), que sigue a la segunda zona (B) en dirección aguas abajo, comienza en un punto de partida donde un elemento (22) de enganche entra en la tercera zona (C) al mismo tiempo que ya se ha desenganchado un elemento (26) de enganche delantero colindante del tubo (36) y, por lo tanto, ya no hace contacto con el tubo (36),
- 50 - la longitud de la tercera zona (C) también es más corta que la distancia entre los dos elementos (22, 26) de enganche colindantes,
- la suma de las distancias de la segunda y tercera zonas (B, C) es igual a la distancia entre los dos elementos (22, 26) de enganche colindantes, y
- la longitud de la segunda zona (B) es igual a la longitud de la cuarta zona (D).
- 55 2. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la longitud de la tercera zona (C) es mayor que la longitud de la primera zona (A) y/o de la segunda zona (B) y/o de la cuarta zona (D).
3. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la sección transversal de la primera zona (A) es mayor que la sección transversal de la tercera zona (C).
- 60 4. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente una carcasa (20, 21) que aloja el medio de bomba peristáltica y unos medios de fijación (42, 44) para fijar el tubo (36) a la carcasa (20, 21), para evitar el movimiento del tubo (36) con respecto a la carcasa (20, 21).
- 55 5. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- en donde el medio de bomba peristáltica es un medio de bomba peristáltica giratoria que comprende un rotor (28) que está provisto de los elementos (22, 26) de enganche, en donde el tubo (36) comprende una porción doblada que tiene esencialmente una forma de ciclo parcial, y
- 60 - en donde la longitud de las zonas (A a D) está representada por una distancia angular.
6. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la distancia angular de la primera zona (A) es de hasta 15 °.
- 65 7. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en donde la distancia angular de la segunda zona (B) es de 20 ° a 60 °.

- 5 8. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que comprende dos elementos (22, 26) de enganche que están dispuestos esencialmente diametralmente opuestos a un eje de rotación del rotor, en donde la suma de las distancias angulares de la segunda y tercera zonas (B, C) es igual a 180° .
- 10 9. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que comprende tres elementos (22, 26) de enganche que están separados de un eje de rotación del rotor (28) por la misma distancia radial, en donde dos elementos (22, 26) de enganche colindantes están separados entre sí por una distancia angular de 120° , en donde la suma de las distancias angulares de la segunda y tercera zonas (B, C) es igual a 120° .
- 15 10. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en donde los elementos (22, 26) de enganche se proporcionan como rodillos de enganche.
- 20 11. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el rotor (28) comprende un rodillo central (24) que engancha por fricción con los rodillos (22, 26) de enganche.
- 25 12. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende adicionalmente una carcasa (20, 21) que incluye una porción doblada (40) de pared que soporta al menos una porción del tubo (36) y otorga al tubo (36) una forma curvada, en donde en la cuarta zona (D) la porción doblada (40) de pared está provista de un escalón (48) en dirección radial para realizar un retroceso pronunciado de la porción doblada (40) de pared a la profundidad necesaria para abrir el flujo desde detrás del tubo (36).
- 30 13. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende adicionalmente una carcasa (20, 21) que incluye una porción doblada (40) de pared que soporta al menos una porción del tubo (36) y otorga al tubo (36) una forma curvada, en donde el uno o más rodillos (20, 26) de enganche, el rodillo central (24), el anillo exterior (30, 32) y la porción doblada (40) de pared comprenden una forma cónica leve en la misma dirección de modo que sus superficies se intercepten en un punto único.
- 35 14. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente un medio obturador (46) que está adaptado para su colocación opcional en una primera posición o en una segunda posición, en donde el medio obturador (46) permite en su primera posición que un elemento (22, 26) de enganche apriete el tubo (26) para una acción de bombeo, y en su segunda posición evita que un elemento (22, 26) de enganche apriete el tubo (26) para dejar pasar aire o fluido pasar a través del tubo (26).
15. El dispositivo de acuerdo con al menos una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente un medio de control para controlar el movimiento de los elementos (22, 26) de enganche para corregir la posición y velocidad de los elementos (22, 26) de enganche si fuera necesario.

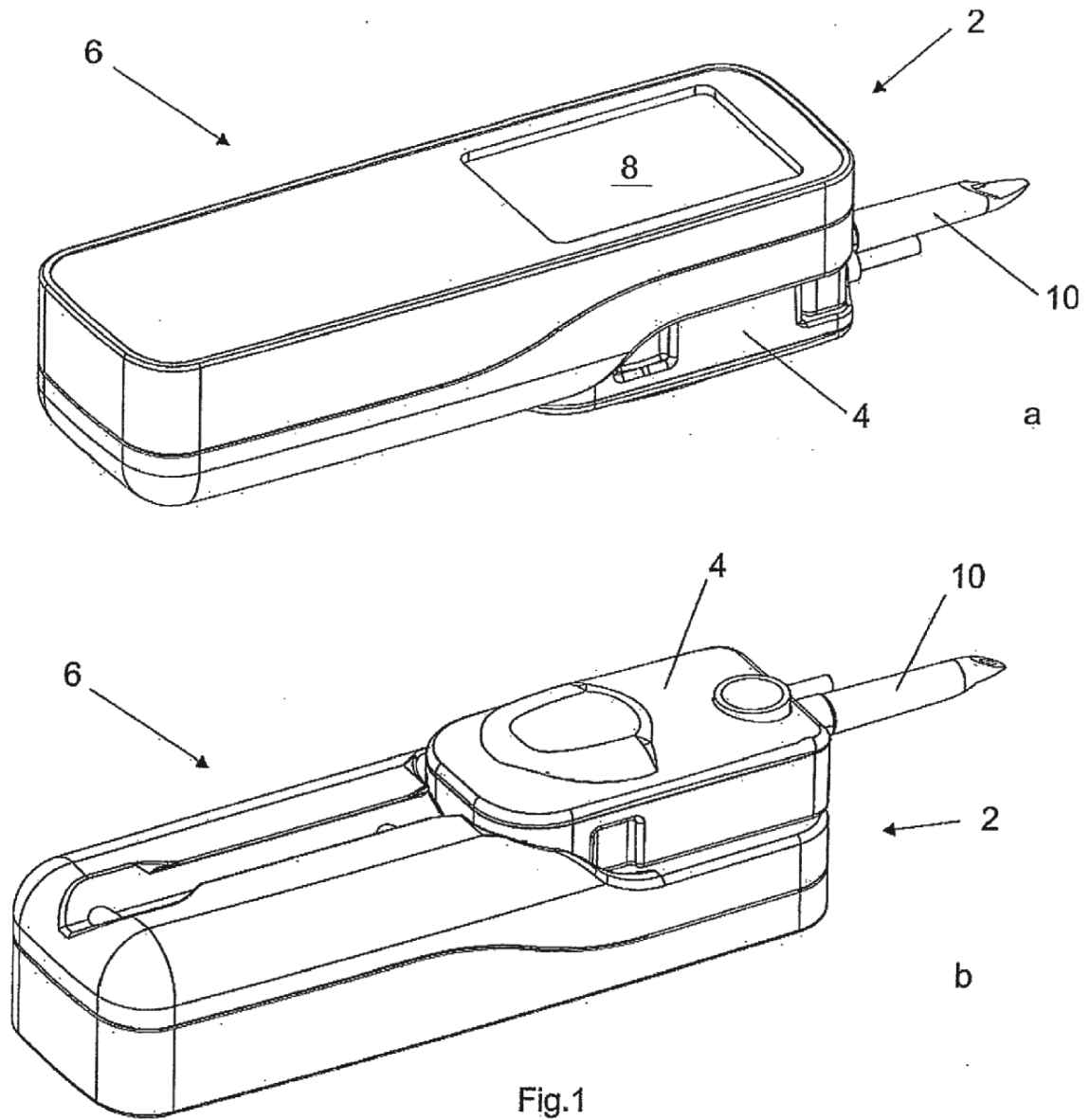


Fig.1

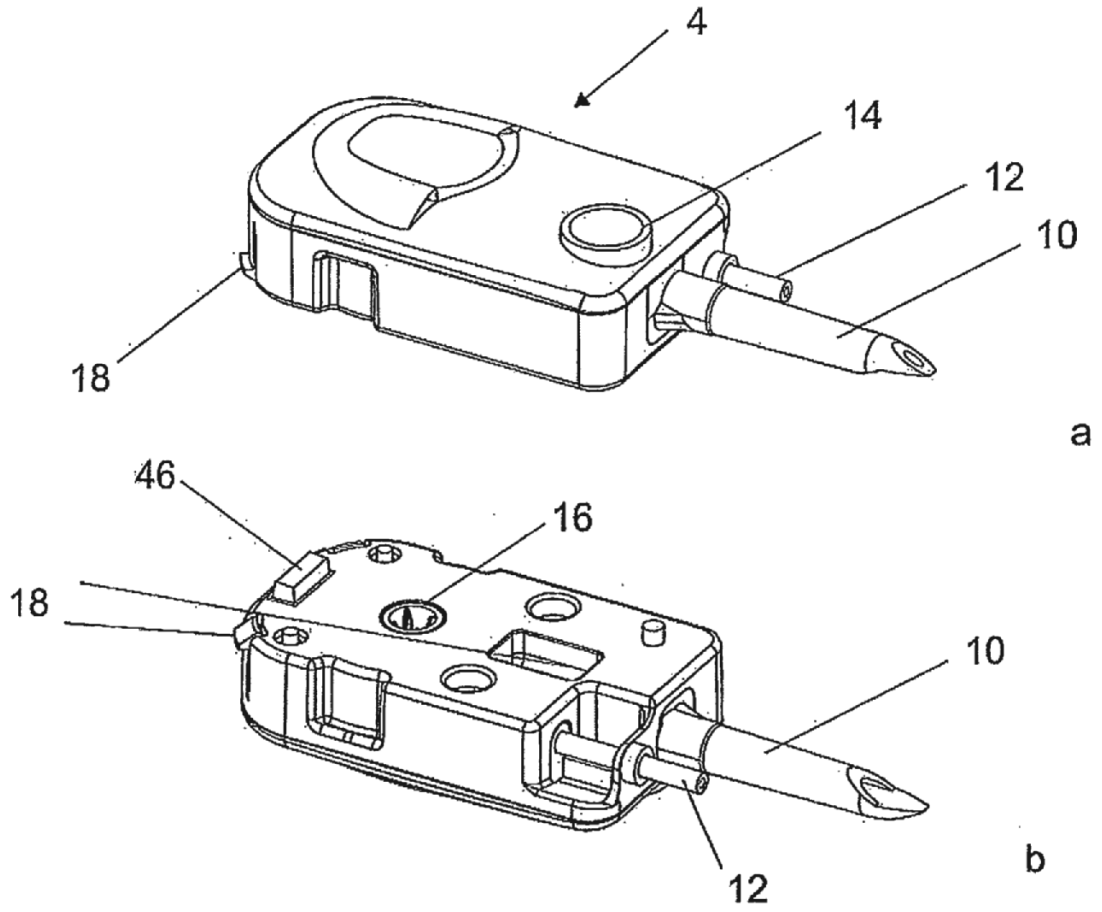


Fig.2

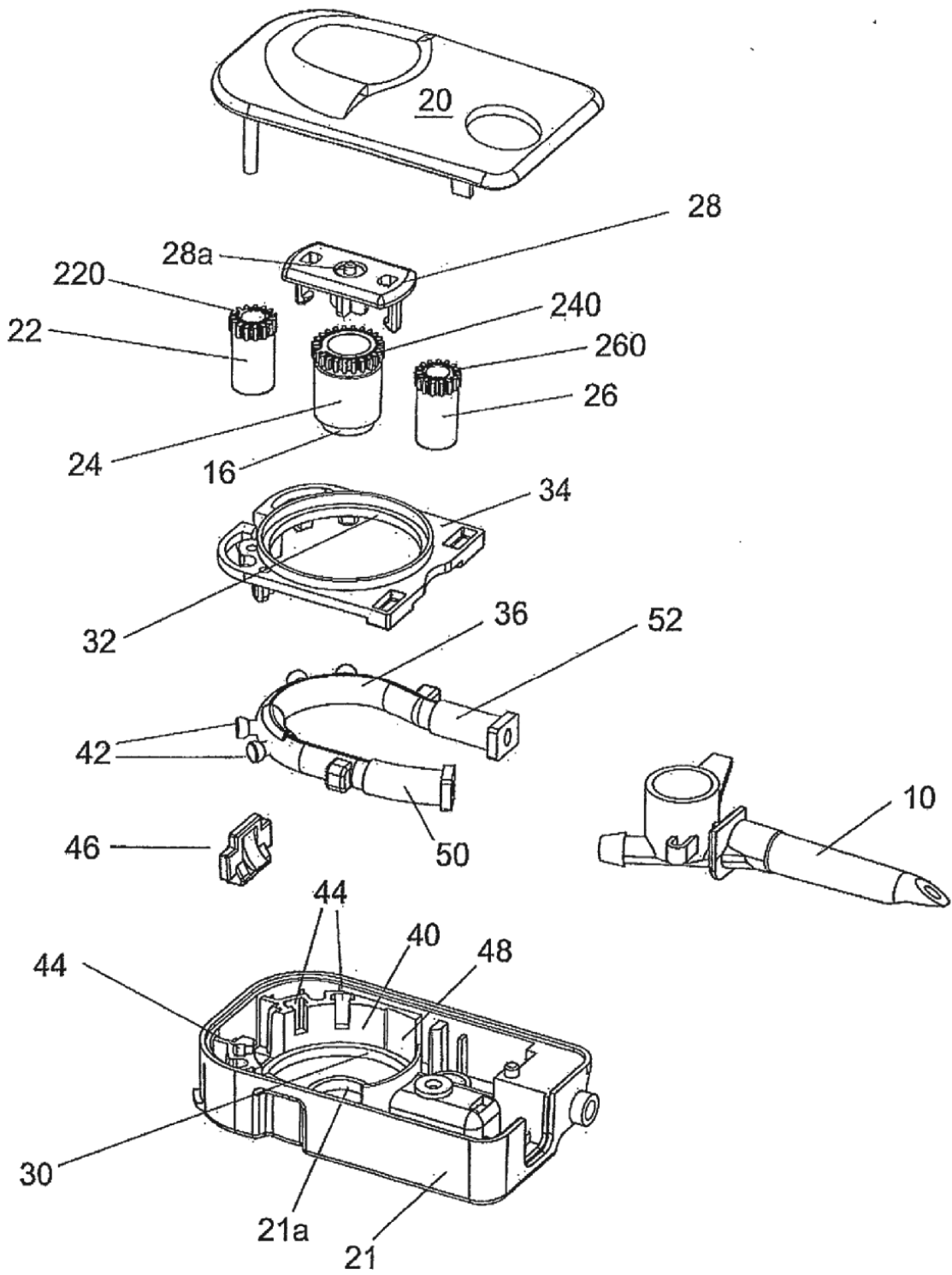


Fig.3

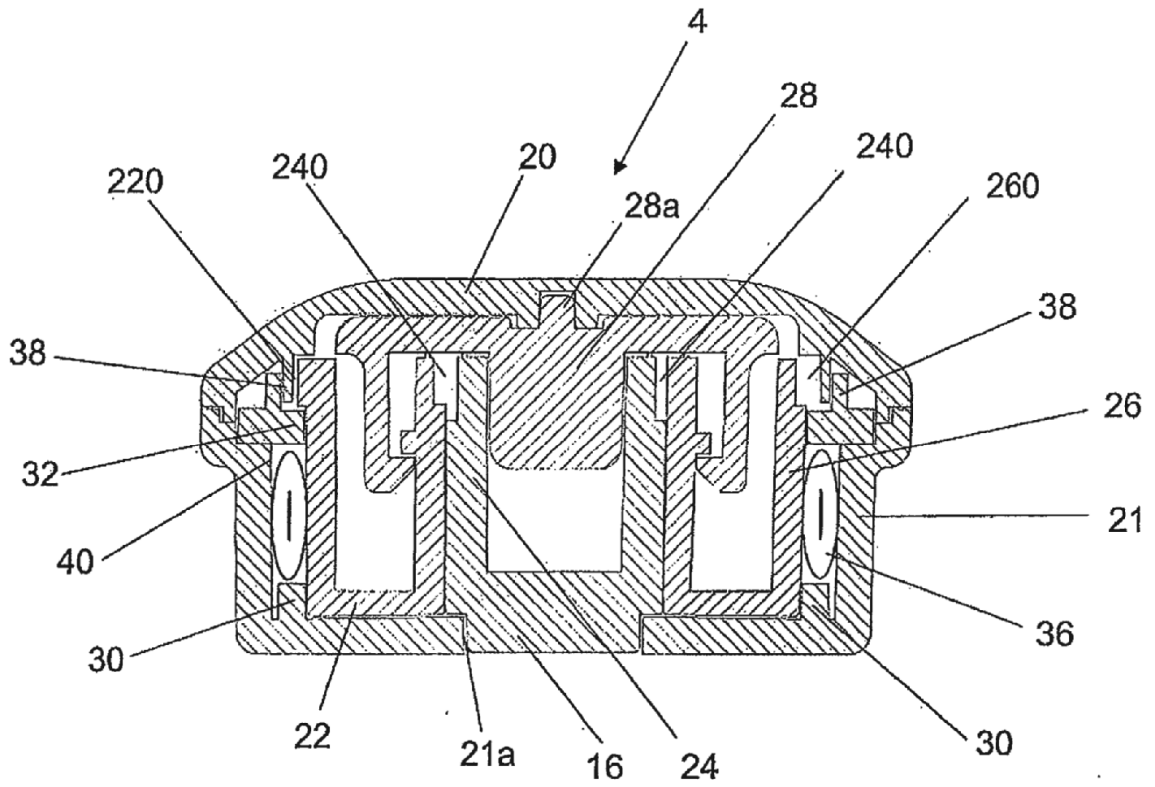


Fig.4

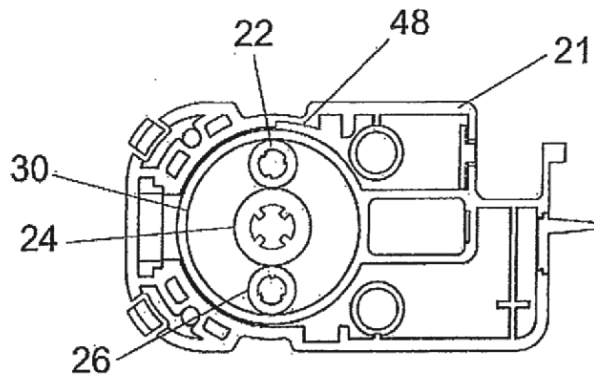


Fig.5

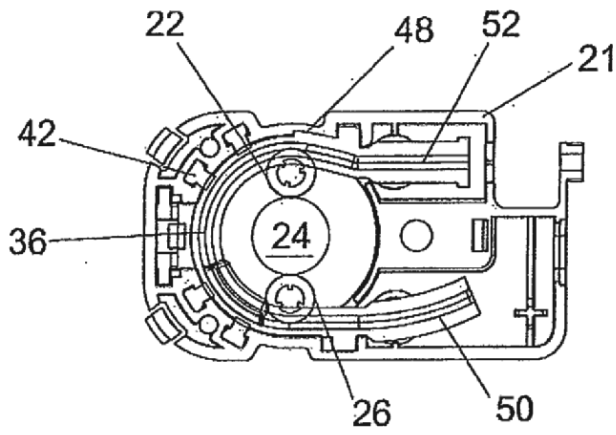


Fig.6

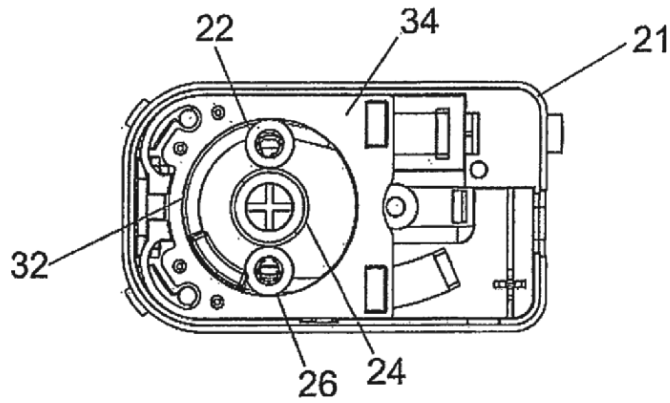


Fig.7

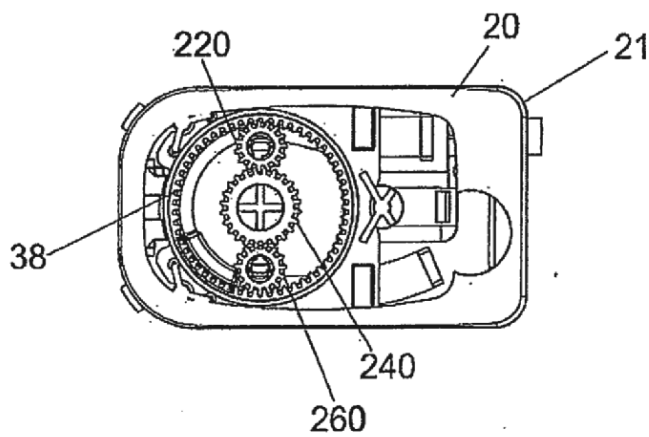


Fig.8

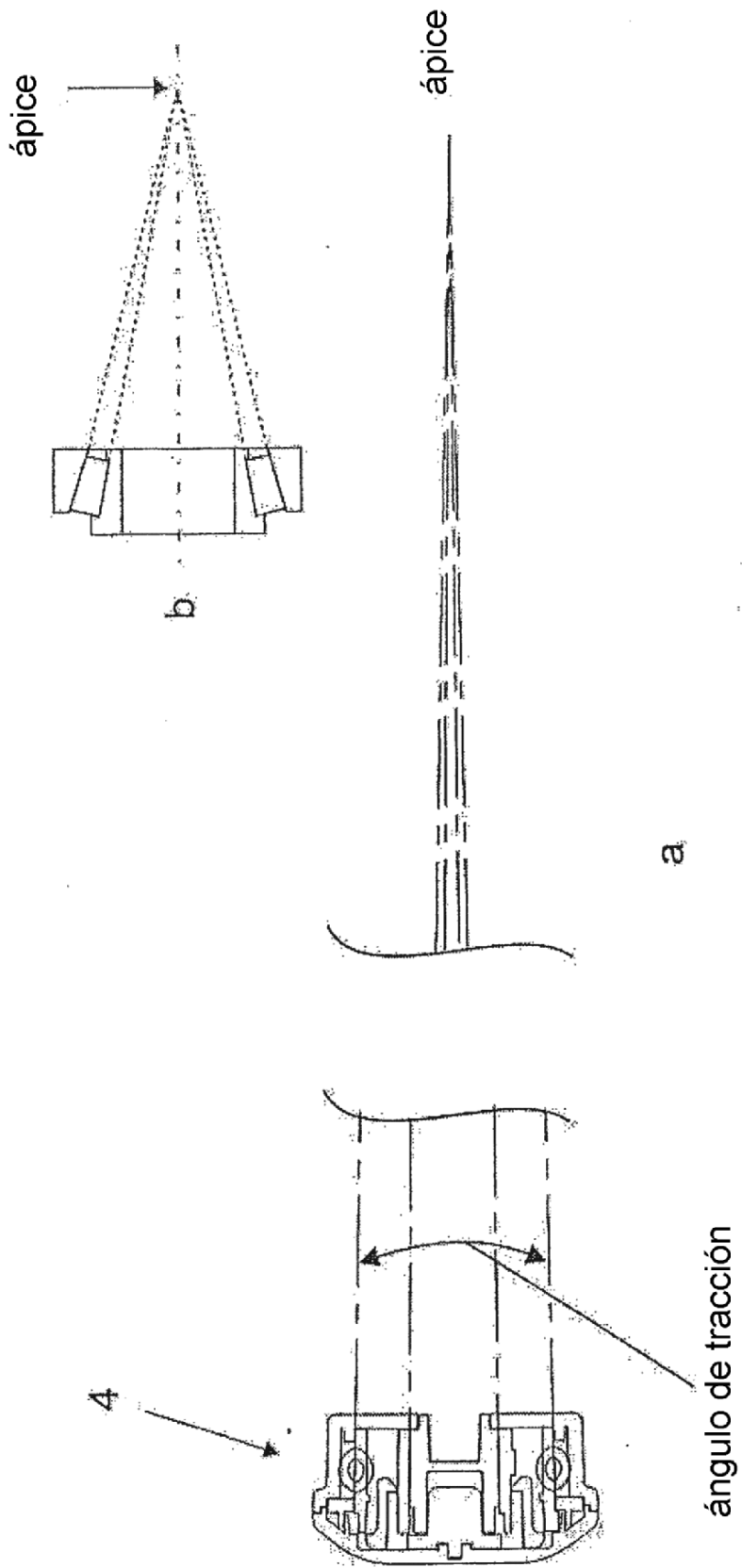


Fig. 9

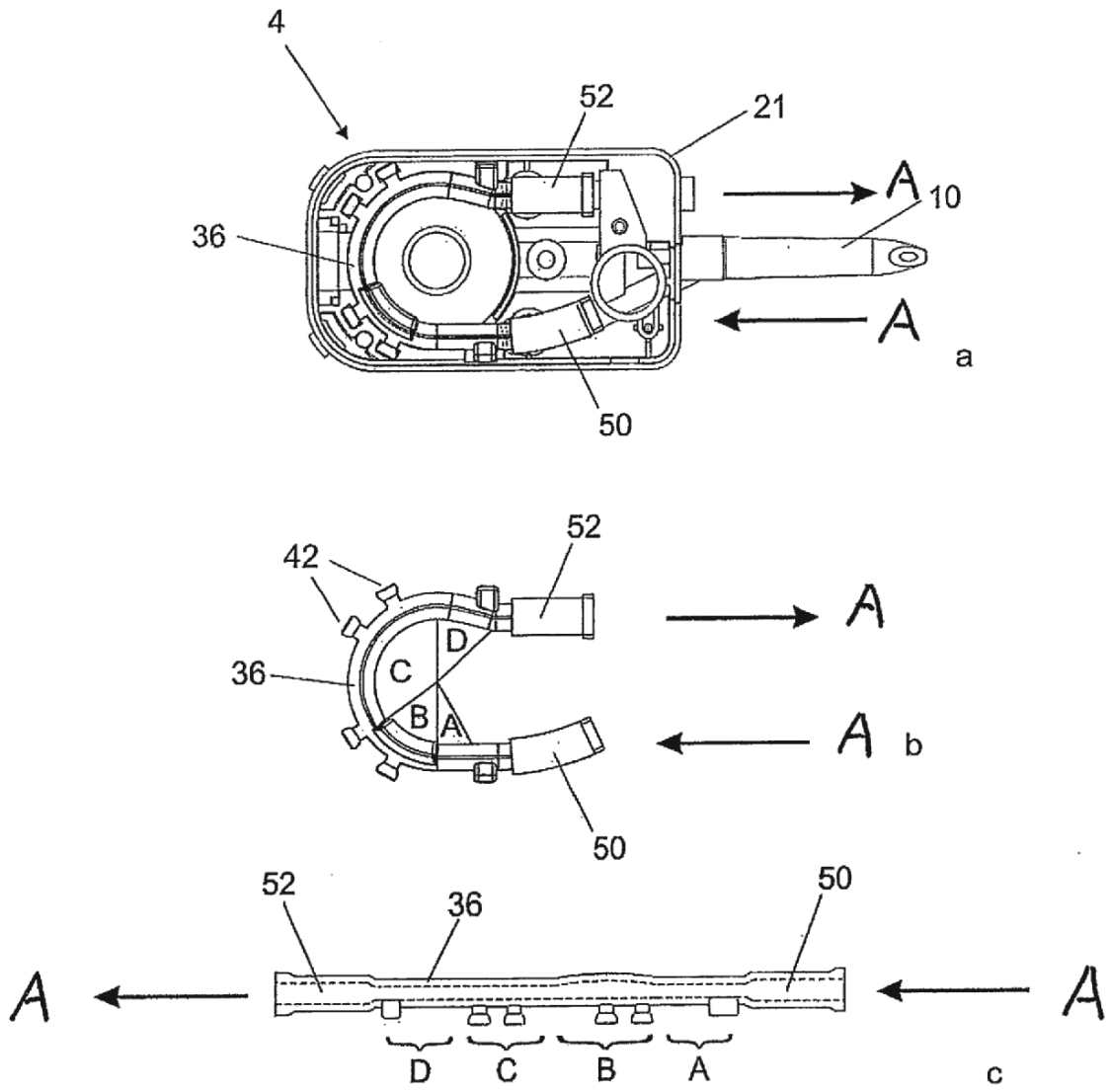


Fig.10

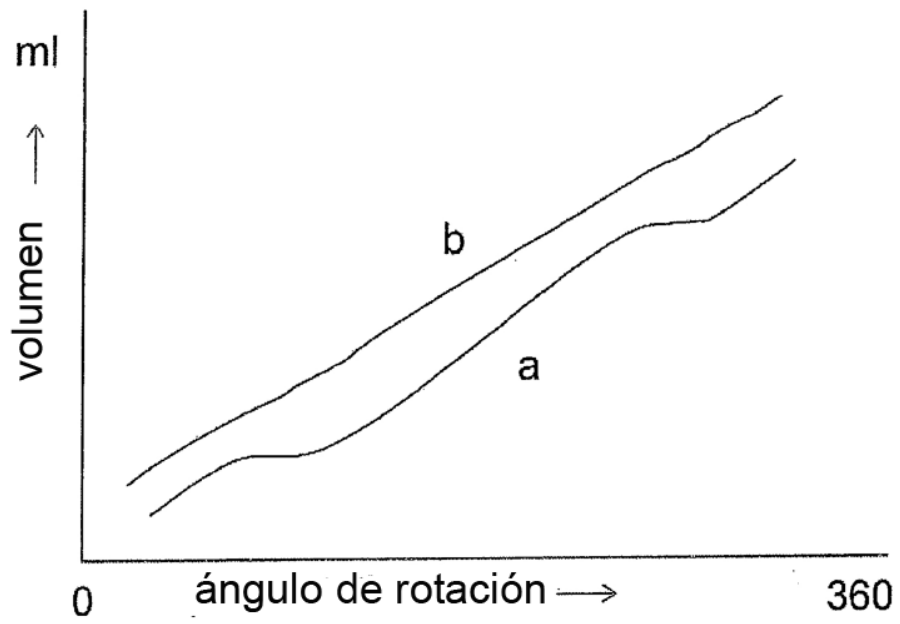


Fig.11

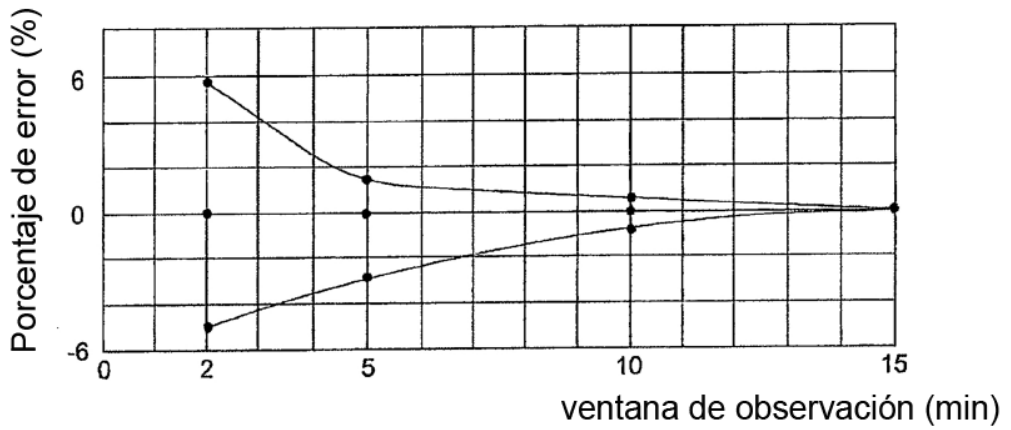


Fig.12

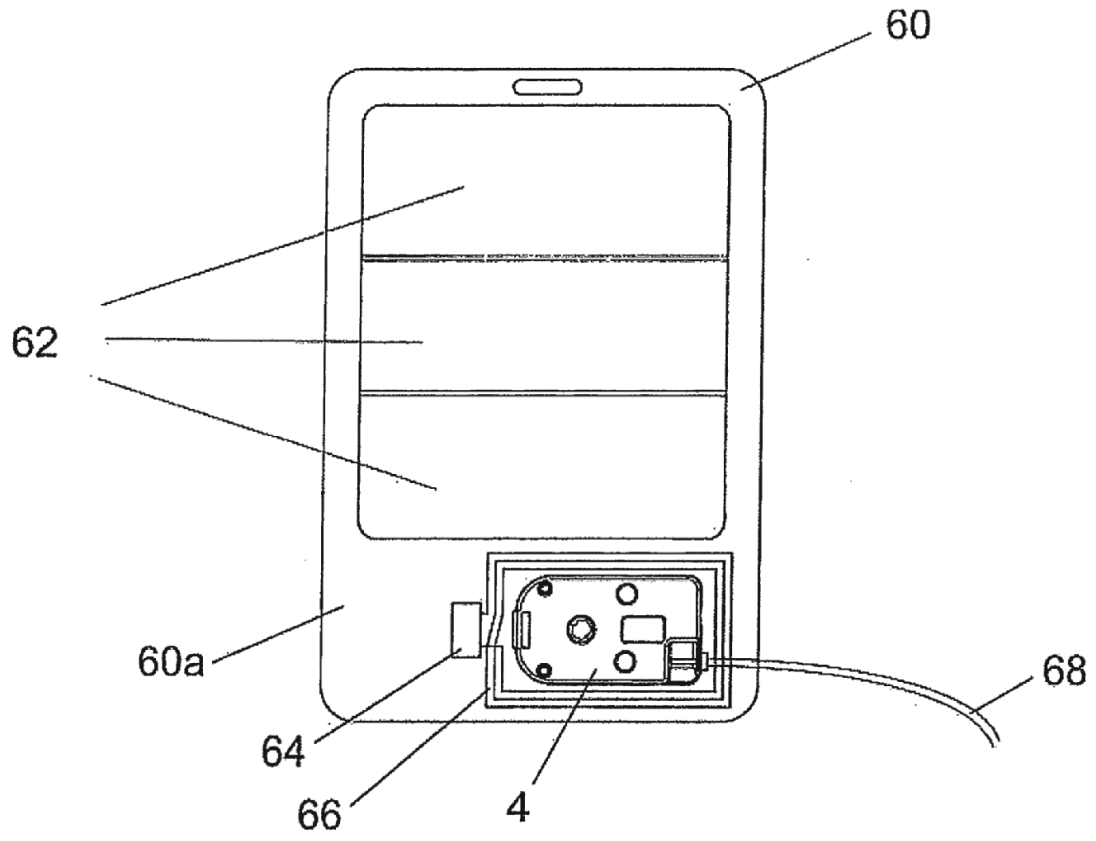


Fig.13