

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 968**

51 Int. Cl.:

<b>A61B 17/00</b>	(2006.01)
<b>B25J 9/10</b>	(2006.01)
<b>A61B 34/30</b>	(2006.01)
<b>A61B 1/008</b>	(2006.01)
<b>A61B 1/005</b>	(2006.01)
<b>B25J 9/06</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2009 PCT/US2009/046508**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2009 WO09149421**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2009 E 09759579 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 2296526**

54 Título: **Dispositivo de sonda articulado extensible**

30 Prioridad:

**05.06.2008 US 59171 P**

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

**13.03.2018**

73 Titular/es:

**CARNEGIE MELLON UNIVERSITY (100.0%)  
5000 Forbes Avenue  
Pittsburgh, PA 15213, US**

72 Inventor/es:

**ZUBIATE, BRETT y  
CHOSET, HOWARD**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 658 968 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**

Dispositivo de sonda articulado extensible

**Referencia cruzada con solicitudes relacionadas**

5 Esta aplicación reivindica el beneficio de la fecha de presentación de, y la prioridad hacia, la solicitud de patente de Estados Unidos nº 61/059,171 presentada el 5 de junio de 2.008.

**Antecedentes**

10 Esta aplicación divulga una invención que se relaciona, en general y en diferentes realizaciones, a un dispositivo robótico multiarticulado, un robot continuo u otro dispositivo altamente articulado. Este dispositivo puede usarse para entregar un útil tal como una cámara, sonda, escalpelo u otro útil hasta una zona de interés dentro del cuerpo de un paciente durante un procedimiento quirúrgico. Para procedimientos mínimamente invasivos, tal como una ablación cardiaca, usualmente es suficiente un dispositivo complejo mínimamente articulado. Sin embargo, para procedimientos más complejos, puede ser necesario un dispositivo más largo. Un mecanismo más largo puede requerir soporte extra a lo largo de al menos una porción de su longitud para contrarrestar cualquier aumento de carga. Además, el dispositivo puede necesitar acomodar útiles adicionales necesarios para ejecutar ciertas partes de un procedimiento más complejo.

15 En la técnica, El documento de patente de EE.UU. US2004138525 describe sistemas, dispositivos y métodos para procedimientos endoscópicos que implican manipulaciones de tejidos más allá de las capacidades de los instrumentos endoscópicos tradicionales. Realizaciones de los sistemas incluyen un cuerpo principal alargado que tiene un visor a través suyo y al menos un brazo de útil maniobrable el cual se extiende desde el extremo distal del cuerpo principal. En realizaciones preferidas, el sistema incluye dos brazos de útil, siendo cada brazo maniobrable para formar una curva lateralmente hacia fuera la cual luego se dobla lateralmente hacia dentro de forma que los brazos formen una forma angular. Además, actuadores terminales se extienden desde los extremos distales de cada brazo de útil para su uso en la manipulación de tejido. La forma angular lleva los efectores extremos juntos a la vista del visor para movimientos cooperantes los cuales son visibles continuamente por el cirujano. Además, los brazos de útil pueden ser maniobrables en cualquier dirección adicional y pueden ser rotables para permitir el agarre, la elevación y más manipulaciones complejas del tejido.

20 El documento de patente internacional WO2006083306 describe una sonda robótica altamente articulada (HARP) la cual está compuesta por un primer mecanismo y un segundo mecanismo, uno o ambos de los cuales pueden ser maniobrados en direcciones deseadas. Cada mecanismo puede alternar entre ser rígido y laxo. En el modo laxo, el mecanismo es altamente flexible. Cuando un mecanismo es laxo, el otro es rígido. El mecanismo laxo es entonces empujado o traccionado a lo largo del mecanismo rígido. El mecanismo laxo es hecho rígido, asumiendo de este modo la forma del mecanismo rígido. El mecanismo rígido es made laxo y el proceso se repite. Estas innovaciones permiten que el dispositivo moverse a cualquier sitio en tres dimensiones. El dispositivo puede "recordar" sus configuraciones previas y puede ir a cualquier sitio en el cuerpo u otra estructura (por ejemplo un motor a reacción).

25 Cuando se usa en aplicaciones médicas, una vez que el dispositivo llega a una ubicación deseada, el mecanismo de núcleo más interno puede ser extraído y otro dispositivo funcional tal como un escalpelo, pinza u otro útil se desliza a través del manguito rígido para actuar.

30 El documento de patente de EE.UU. US2008039690 describe un dispositivo multiarticulado maniobrable el cual incluye un primer mecanismo multiarticulado y un segundo mecanismo multiarticulado y en el que al menos uno de los primer y segundo mecanismos es maniobrable. El primer mecanismo define una primera pluralidad de acanaladuras y el segundo mecanismo define una segunda pluralidad de acanaladuras. Las primera y segunda pluralidades de acanaladuras cooperan para definir al menos dos puertos de trabajo a lo largo de una longitud del dispositivo.

**Resumen**

35 La presente invención se relaciona con un dispositivo de sonda articulado que comprende: un primer mecanismo que comprende:

un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del primer mecanismo,

una pluralidad de miembros de articulación intermedios, en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera movable al primer miembro de articulación,

40 un segundo miembro de articulación posicionado en una zona distal del primer mecanismo el cual está acoplado de manera movable a uno segundo de los miembros de articulación intermedios, y

un orificio pasante posicionado excéntricamente a través del cual está dispuesto un cable de actuación, en el que un primer extremo del cable de actuación está configurado para ser terminado sobre un componente de actuación en la zona proximal del primer mecanismo, y un segundo extremo del cable de actuación está configurado para ser terminado en el segundo miembro de articulación del primer mecanismo de forma que

55

el cable transmite fuerza al segundo miembro de articulación del primer mecanismo;

un segundo mecanismo que comprende:

un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del segundo mecanismo,

5 una pluralidad de miembros de articulación intermedios, en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera móvil al primer miembro de articulación, y

un segundo miembro de articulación posicionado en una zona distal del segundo mecanismo y el cual está acoplado de manera móvil a uno segundo de los miembros de articulación intermedios,

al menos dos orificios pasantes los cuales están dispuestos excéntricamente dentro del segundo mecanismo en un patrón radialmente simétrico, y

10 una pluralidad de cables de actuación, en la que cada cable está posicionado para corresponder con y pasar a través de uno de los orificios pasantes, en el que al menos uno de los cables de actuación que tiene un primer extremo y un segundo extremo está configurado para ser terminado sobre el segundo extremo en el segundo miembro de articulación del segundo mecanismo, y sobre el primer extremo en un componente de actuación en la zona proximal del primer mecanismo,

15 al menos un mecanismo tubular envolvente envolvente, que comprende:

un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del mecanismo tubular envolvente envolvente,

una pluralidad de miembros de articulación intermedios, en la que uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera móvil al primer miembro de articulación, y

20 un segundo miembro de articulación el cual está acoplado de manera móvil a uno segundo de los miembros de articulación intermedios y posicionado en una zona distal del mecanismo tubular envolvente envolvente, y al menos dos orificios pasantes los cuales están dispuestos excéntricamente en un patrón radialmente simétrico a través de los cuales están dispuestos cables de actuación, en donde al menos uno de los cables de actuación está configurado para ser terminado en un primer extremo sobre el segundo miembro de articulación del mecanismo tubular envolvente envolvente, y en un segundo extremo de un componente de actuación en la zona proximal del mecanismo tubular envolvente de forma que dicho cable de actuación transmita fuerza hasta el segundo miembro de articulación del mecanismo tubular envolvente envolvente;

30 en el que el mecanismo tubular envolvente está configurado para rodear al menos una porción del primer mecanismo y al menos una porción del segundo mecanismo,

en el que al menos uno del primer mecanismo, el segundo mecanismo y el mecanismo tubular envolvente está configurado para ser maniobrable y extensible más allá de los otros mecanismos,

35 en el que el mecanismo tubular envolvente está configurado para avanzar sobre el primer mecanismo y el segundo mecanismo cuando el primer mecanismo y el segundo mecanismo operan en un modo rígido según se reivindica más adelante en esta memoria. Realizaciones preferidas de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Métodos asociados se describen también en esta memoria para ayudar a la comprensión de la invención, pero éstos no forman parte de la invención reivindicada.

40 Ejemplos o realizaciones descritas en esta memoria los cuales no caen bajo la definición de las reivindicaciones no forman parte de la presente invención.

45 Debe notarse que, según se usa en esta memoria y en las reivindicaciones anexas, las formas en singular "un", "una" y "el", "la" incluyen referencia al plural a menos que el contexto dicte claramente otra cosa. A menos que se defina de otra manera, todos los términos técnicos y científicos usados en esta memoria tienen los mismos significados que se entienden comúnmente por un experto normal en la técnica. Según se usa en esta memoria, el término "que comprende" significa "que incluye, pero no se limita a".

50 En un aspecto general, las realizaciones divulgan un dispositivo de sonda articulado. El dispositivo de sonda articulado incluye un primer mecanismo, un segundo mecanismo y al menos un mecanismo tubular envolvente envolvente. Más específicamente, el primer mecanismo incluye un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del primer mecanismo, una pluralidad de miembros de articulación intermedios, en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera móvil al primer miembro de articulación, un segundo miembro de articulación posicionado en una zona distal del primer mecanismo el cual está acoplado de manera móvil a uno segundo de los miembros de articulación intermedios. El segundo mecanismo incluye un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del segundo mecanismo, una pluralidad

de miembros de articulación intermedios, en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera movable al primer miembro de articulación, y un segundo miembro de articulación posicionado en una zona distal del segundo mecanismo y el cual está acoplado de manera movable a uno segundo de los miembros de articulación intermedios. El al menos un mecanismo tubular envolvente incluye un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del mecanismo tubular envolvente envolvente, una pluralidad de miembros de articulación intermedios, en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera movable al primer miembro de articulación, y un segundo miembro de articulación el cual está acoplado de manera movable a uno segundo de los miembros de articulación intermedios y posicionado en una zona proximal del mecanismo tubular envolvente envolvente. Además, al menos uno del primer mecanismo, el segundo mecanismo y el mecanismo tubular envolvente está configurado para ser maniobrable y extensible más allá de los otros mecanismos.

**Breve descripción de los dibujos**

La invención se describe en esta memoria por medio de referencia a las figuras que siguientes.

Las figuras 1 y 2 ilustran diferentes realizaciones de un dispositivo multiarticulado maniobrable.

15 La figura 3 ilustra diferentes realizaciones de un mecanismo de núcleo del dispositivo de la figura 1.

Las figuras 4 y 5 ilustran diferentes realizaciones de un miembro de articulación intermedio del mecanismo de núcleo.

La figura 6 ilustra diferentes realizaciones de una secuencia de movimiento del dispositivo de la figura 1.

La figura 7 ilustra un ejemplo de sección transversal de un tubo envolvente de acuerdo con una realización.

20 La figura 8 ilustra un ejemplo de dispositivo multiarticulado maniobrable que tiene un tubo envolvente de acuerdo con una realización.

Las figuras 9A-9C ilustran un ejemplo de sección transversal de un dispositivo multiarticulado maniobrable que tiene un tubo envolvente de acuerdo con una realización.

La figura 10 ilustra ejemplos dispositivos multiarticulado maniobrables que tienen un tubo envolvente.

25 La figura 11 ilustra un ejemplo de sección transversal de un dispositivo multiarticulado maniobrable.

La figura 12 ilustra un ejemplo de cables de tensado y empalme.

Las figuras 13A-13J ilustran ejemplos de configuraciones de puerto y orificio pasante.

**Descripción detallada**

La invención descrita en esta memoria puede utilizarse para controlar el movimiento de un dispositivo articulado, el cual se describe en las figuras y descripción de esta memoria como un dispositivo multiarticulado maniobrable. Una sonda quirúrgica puede ser un ejemplo de dispositivo articulado. Una sonda quirúrgica puede usarse para realizar procedimientos quirúrgicos, procedimientos exploratorios y/o similares sobre humanos y/o animales. Para facilidad de objetivos de explicación, la invención se describirá en el contexto de su uso con diferentes realizaciones del dispositivo multiarticulado maniobrable descrito en esta memoria. No obstante, un experto en la técnica apreciará que la invención puede utilizarse con otros tipos de dispositivos multiarticulado así como otros tipos de dispositivos tales como, pero no limitados a, endoscopios, dispositivos altamente articulados y/o similares.

30 La figura 1 ilustra una realización representativa de un dispositivo 10 de sonda extensible altamente articulado. La sección transversal de tal realización se representa en la figura 1. De acuerdo con la realización representativa, el dispositivo puede ser un dispositivo multiarticulado maniobrable tal como un robot tipo serpiente, un robot continuo o similares. Diferentes realizaciones del dispositivo 10 pueden utilizarse para procedimientos médicos (por ejemplo, como taladro robotizado, dispositivo de posicionamiento, útil de ablación, cámara o soporte de instrumental, o sistema de guiado para procedimientos mínimamente invasivos), para aplicaciones de vigilancia, para aplicaciones de inspección, para aplicaciones de búsqueda y rescate, etc. Sólo con el propósito de claridad, la utilidad del dispositivo 10 se describirá en lo que sigue en esta memoria en el contexto de su aplicabilidad a procedimientos médicos. No obstante, una persona experta en la técnica apreciará que el dispositivo 10 puede utilizarse en una variedad de aplicaciones diferentes.

40 El dispositivo 10 comprende un primer mecanismo 12 y un segundo mecanismo 14. De acuerdo con la realización representativa, un mecanismo puede ser una serie de miembros de articulación articulados, un robot tipo serpiente, un robot continuo o similares. De acuerdo con la realización representativa, el segundo mecanismo 14 está estructurado y dispuesto para recibir y rodear el primer mecanismo 12 según se muestra en la figura 2. Así, el primer mecanismo y el segundo mecanismo pueden ser concéntricos. De acuerdo con otras realizaciones, los primer y segundo mecanismos 12, 14 pueden estar estructurados y dispuestos para tener una relación diferente de una relación concéntrica. Por ejemplo, el segundo mecanismo 14 puede rodear el primer mecanismo 12, sin embargo, el

45

50

primer mecanismo 12 puede estar dispuesto excéntricamente con respecto al segundo mecanismo 14. De acuerdo con la realización representativa, los primer y segundo mecanismos 12, 14 pueden estar estructurados y dispuestos para operar en una disposición lado a lado, donde el primer mecanismo 12 opera al costado del segundo mecanismo 14. De acuerdo con la realización representativa, pueden usarse configuraciones adicionales y/o alternativas dentro del alcance de esta descripción. De acuerdo con la realización representativa, puede proveerse un hueco o espacio tridimensional 240 entre los primer y segundo mecanismo. Este espacio se describirá con más detalle más abajo.

Según se describe con más detalle más adelante en esta memoria, el primer mecanismo 12 puede operar indistintamente en un modo rígido o un modo laxo, el segundo mecanismo 14 puede operar indistintamente en un modo rígido o un modo laxo, y los primer y segundo mecanismos 12, 14 pueden operar independientes uno del otro. Al menos uno de los mecanismos es rígido en todo momento durante la operación del dispositivo 10. Ambos, el primer mecanismo 12 y el segundo mecanismo 14, pueden ser mecanismos maniobrables. En consecuencia, se apreciará que el dispositivo 10 puede utilizarse para navegar por un espacio luminal así como cualquier trayectoria dentro de un espacio de intracavidad tridimensional, vacío o un volumen tridimensional sin restricciones de otro modo. De acuerdo con la realización representativa, el dispositivo 10 puede avanzar alternando la operación del primer mecanismo 12 y el segundo mecanismo 14 entre un modo laxo y un modo rígido. Además, ambos mecanismos pueden encontrarse en el modo rígido al mismo tiempo.

De acuerdo con la realización representativa, el dispositivo 10 puede comprender, también, uno o más cables. De acuerdo con la realización representativa, uno o más de los cables 10 pueden ser cables de maniobra y/o cables de tensado. Por ejemplo, el dispositivo 10 puede incluir tres cables para maniobrar dispuestos a través del segundo mecanismo y un cable para tensado el cual está dispuesto a través del primer mecanismo. Como alternativa, el dispositivo 10 puede incluir cuatro cables de maniobra. Más y/o menos cables alternativos y/o adicionales, pueden usarse dentro del alcance de esta descripción.

La figura 3 ilustra diferentes realizaciones de cualquiera de los dos mecanismos del dispositivo. En la figura 3 se muestra el primer mecanismo 12 del dispositivo 10. El primer mecanismo 12 es un mecanismo multiarticulado e incluye un primer extremo 24 y un segundo extremo 26. El primer extremo 24 puede ser considerado el extremo proximal y el segundo extremo 26 puede ser considerado el extremo distal. El primer mecanismo 12 puede comprender un primer miembro de articulación 28, un segundo miembro de articulación 30 y uno o más miembros de articulación intermedios 32 entre los primer y segundo miembros de articulación 28, 30. El primer miembro de articulación 28 puede ser considerado el miembro de articulación proximal y el segundo miembro de articulación 30 puede ser considerado el miembro de articulación distal. Cualquier miembro de articulación entre el miembro de articulación proximal 28 y el miembro de articulación distal 30 puede ser considerado un miembro de articulación intermedio 32. Ejemplos de estructuras de miembro de articulación se muestran en, por ejemplo, la publicación de solicitud de patente de EE.UU. número 2008/0039690.

Las figuras 4 y 5 ilustran diferentes vistas de un ejemplo de miembro de articulación intermedio 32 del primer mecanismo 12 en una realización en la que el mecanismo interno sirve como el núcleo. El miembro de articulación intermedio 32 es representativo de los otros miembros de articulación intermedios 32. El miembro de articulación intermedio 32 incluye un primer extremo 58 y un segundo extremo 60 y define un eje longitudinal 62 que pasa a través del centro del primer extremo 58 y el centro del segundo extremo 60. El miembro de articulación 32 incluye un paso 76 u orificio pasante el cual puede estar posicionado a lo largo del eje longitudinal o puede estar posicionado en cualquier otro sitio en el miembro de articulación paralelo a, o sustancialmente paralelo a, el eje longitudinal.

Según se muestra en la figura 4, el miembro de articulación intermedio 32 comprende, también, una primera superficie 68 que se extiende desde el primer extremo 58 del miembro de articulación intermedio 32 hasta el segundo extremo 60 del miembro de articulación intermedio 32. La primera superficie 68, mostrada en la figura 5, puede considerarse la superficie externa del miembro de articulación intermedio 32. El miembro de articulación intermedio 32 define, también, una o más porciones de puerto a las que se hace referencia en esta memoria como acanaladuras. En el ejemplo mostrado, el miembro de articulación 32 incluye una primera acanaladura 70 paralela al eje longitudinal 62 a lo largo de la primera superficie 68, una segunda acanaladura 72 paralela al eje longitudinal 62 a lo largo de la primera superficie 68 y una tercera acanaladura 74 sustancialmente alineada con el eje longitudinal 62 a lo largo de la primera superficie 68. Cada una de las primera, segunda y tercera acanaladuras 70, 72, 74 se extiende a lo largo de la primera superficie 68 desde el primer extremo 58 del miembro de articulación intermedio 32 hacia el segundo extremo 60 del miembro de articulación intermedio 32. Las primera, segunda y tercera acanaladuras 70, 72, 74 pueden ser de forma semitubular y pueden estar dispuestas de manera radialmente simétrica alrededor del eje longitudinal 62 sobre la primera superficie 68 del miembro de articulación intermedio 32 según se muestra en las figuras 4 y 5. El tamaño de cada una de las acanaladuras 70, 72, 74 puede ser idéntico de unas a otras o puede ser diferente de unas a otras. Por ejemplo, de acuerdo con diferentes realizaciones, las primera y segunda acanaladuras 70, 72 están configuradas como segmentos de un cilindro que tienen un diámetro del orden de aproximadamente 1,75 milímetros en el primer extremo 58 del miembro de articulación intermedio 32, y la tercera acanaladura 74 está configurada como un segmento de un cilindro que tiene un diámetro del orden de aproximadamente 2,50 mm en el primer extremo 58 del miembro de articulación intermedio 32. Las primera, segunda y tercera acanaladuras 70, 72, 74 están configuradas, cada una, para proporcionar una porción de una estructura de puerto que recibe y rodea parcialmente cualquiera de la variedad de útiles o instrumentos (por ejemplo, útiles de ablación) los cuales pueden pasar desde el primer extremo 24 del dispositivo 10 multiarticulado hasta el

segundo extremo 26 del dispositivo 10 multiarticulado.

El miembro de articulación intermedio 32 define, también, un orificio pasante o paso 76 que se extiende desde el primer extremo 58 hasta el segundo extremo 60 y es paralelo al eje longitudinal. El orificio pasante o paso 76 puede ser de un tamaño suficiente para permitir que pasen uno o más cables a través suyo.

5 La figura 6 ilustra diferentes pasos de una secuencia de movimiento del dispositivo 10 multiarticulado maniobrable. En el arranque de la secuencia, el segundo mecanismo 14 rodea el primer mecanismo 12 según se muestra en el paso "a" de la figura 6, los ejes longitudinales de los miembros de articulación 28, 30, 32 del primer mecanismo 12 están sustancialmente alineados con los respectivos ejes longitudinales 134, 164, 212 de los miembros de articulación (por ejemplo, miembro de articulación 126) del segundo mecanismo y el segundo extremo 26 del primer mecanismo 12 está en sustancialmente la misma posición que el segundo extremo 122 del segundo mecanismo 14. Un cable de tensado pasa a través de un orificio pasante del primer mecanismo. Aquél está terminado en un componente de actuación en la zona o extremo proximal del primer mecanismo y en un penúltimo miembro de articulación en un extremo distal. El cable de tensado es tensado, colocando de este modo al menos una porción del primer mecanismo 12 en el modo rígido aplicando una fuerza sobre el miembro de articulación distal y al menos algunos miembros de articulación intermedios. Los cables de maniobra no son tensados, poniendo de este modo el segundo mecanismo 14 en el modo laxo.

20 El segundo mecanismo 14 es, entonces, avanzado de forma que su segundo miembro de articulación 126 se sitúe aproximadamente un miembro de articulación por delante del segundo extremo 24 del primer mecanismo 12 según se muestra en el paso "b" de la figura 6. Los cables 16, 18, 20 pueden utilizarse para orientar el segundo miembro de articulación 126 hacia una orientación particular, donde el eje longitudinal 134 del primer miembro de articulación 124 ya no está alineado con los ejes longitudinales 164 de los miembros de articulación intermedios 128 del segundo mecanismo 14 o los ejes longitudinales 90 del segundo miembro de articulación 30 del primer mecanismo 12. Después de que el segundo miembro de articulación 126 está en la posición y orientación deseadas, los cables de maniobra son traccionados con fuerzas apropiadas con el fin de poner el segundo mecanismo 14 en el modo rígido, preservando de este modo la posición y orientación del segundo mecanismo 14 cuando el primer mecanismo es hecho laxo.

30 La fuerza de tracción de los cables de tensado es entonces liberada para poner el primer mecanismo 12 en el modo laxo. Después de que el primer mecanismo 12 es puesto en el modo laxo, el primer mecanismo 12 es avanzado de forma que su segundo miembro de articulación 30 esté en sustancialmente la misma posición que el segundo extremo 122 del segundo mecanismo 14 según se muestra en el paso "c" de la figura 6. Después de que el segundo miembro de articulación 30 del primer mecanismo 12 está en la posición deseada, el cable de tensado es tensado para poner el primer mecanismo 12 de vuelta en el modo rígido, preservando de este modo la posición y la orientación del primer mecanismo 12.

35 Las fuerzas de tracción de los cables de maniobra son, entonces, liberadas para colocar el segundo mecanismo 14 de vuelta en el modo laxo. Después de que el segundo mecanismo 14 es colocado de vuelta en el modo laxo, el segundo mecanismo 14 es avanzado de forma que su segundo miembro de articulación 126 se sitúa una vez más aproximadamente un miembro de articulación por delante del segundo extremo 26 del primer mecanismo 12 según se muestra en el paso "d" de la figura 6. Después de que el segundo miembro de articulación 126 está en la posición y la orientación deseadas, los cables de maniobra son traccionados con idéntica fuerza con el fin de colocar el segundo mecanismo 14 en el modo rígido, preservando de este modo la posición y la orientación del segundo mecanismo 14.

45 La fuerza de tracción del cable de tensado es entonces liberada para colocar el primer mecanismo 12 de vuelta en el modo laxo. Después de que el primer mecanismo 12 es colocado de vuelta en el modo laxo, el primer mecanismo 12 es avanzado de forma que su segundo miembro de articulación 30 esté una vez más en sustancialmente la misma posición que el segundo extremo 122 del segundo mecanismo 14 según se muestra en el paso "e" de la figura 6. Después de que el segundo miembro de articulación 30 de primer mecanismo 12 está en la posición y la orientación deseadas, el cable de tensado es traccionado tenso para colocar el primer mecanismo 12 de vuelta en el modo rígido, preservando de este modo la posición y la orientación del primer mecanismo 12. La secuencia de movimiento general descrita más arriba en esta memoria puede ser repetida cualquier número de veces, moviendo hacia delante o hacia atrás, y el segundo miembro de articulación 126 del segundo mecanismo 14 puede estar avanzando en cualquier dirección y orientación. Un experto en la técnica apreciará que puede utilizarse cualquier número de secuencias de movimiento con el dispositivo 10 multiarticulado. Por ejemplo, el segundo mecanismo 14 puede ser avanzado cualquier número de miembros de articulación por delante del primer mecanismo 12. Procedimientos similares pueden usarse con cables de actuación, cambiando sus longitudes para maniobrar el mecanismo en cualquier dirección. Según se usa aquí en este documento, "cambiar la longitud" significa cambiar la longitud de un cable tirando hacia atrás o extendiendo una cantidad de cable dentro de un mecanismo.

60 El dispositivo 10 tipo serpiente, flexible puede incluir uno o más tobos envolventes, En una realización, un tubo envolvente puede incluir una serie de miembros de articulación de una manera similar al segundo mecanismo. En una realización, un tubo envolvente puede ser un robot tipo serpiente, un robot continuo o similares. Un tubo envolvente puede estar fabricado de metal, plástico, fibra, fibra reforzada, cualquier combinación de los mismos y/o similares.

5 En una realización, un tubo envolvente puede incluir uno o más orificios pasantes. Un orificio pasante puede extenderse a lo largo de una longitud del tubo envolvente. En una realización, un orificio pasante puede ser de forma sustancialmente cilíndrica. Un orificio pasante puede estar configurado para rodear y recibir un cable. Por ejemplo, según se ilustra por la figura 13, un orificio pasante 1800 puede recibir un cable de maniobra 1805. En una realización, un cable de maniobra puede ayudar a controlar y guiar el movimiento del tubo envolvente.

10 En una realización, un tubo envolvente 1820 puede incluir una o más acanaladuras, tales como las acanaladuras descritas arriba con respecto al miembro de articulación intermedio 32. Las acanaladuras de un tubo envolvente pueden alinearse con acanaladuras en el exterior de un segundo mecanismo para formar uno o más puertos tales como el puerto 1900. Un puerto puede ser un paso que se extienda a lo largo de una longitud de un dispositivo. En una realización, un tubo envolvente puede contener enteramente uno o más puertos. En una realización, pueden estar configurados puertos para rodear y recibir uno o más útiles. Adicionalmente, el tubo envolvente 1820 puede incluir uno o más orificios pasantes 1800. Por ejemplo, la figura 7 ilustra un ejemplo de orificio pasante 1905 que recibe un cable de tensado 1915 y un ejemplo de puerto 1900 que recibe un útil 1910.

15 En una realización, un tubo envolvente puede rodear tanto al primer mecanismo 12 como al segundo mecanismo 14. Por ejemplo, según se ilustra en las figuras 9A-9C, el segundo mecanismo 1405 puede rodear el primer mecanismo 1415 y el tubo envolvente 1400 puede rodear el segundo mecanismo 1405. En una realización, según se muestra en la figura 2, el primer mecanismo 12 puede estar posicionado concéntricamente con respecto al segundo mecanismo 14. Como alternativa, según se muestra en las figuras 9A-9C, el primer mecanismo 1415 puede estar posicionado excéntricamente con respecto al segundo mecanismo 1405. Por ejemplo, el primer mecanismo 1415 puede estar posicionado descentrado del segundo mecanismo 1405. En una realización, el segundo mecanismo 1405 puede estar posicionado concéntricamente con respecto al tubo envolvente 1400. Como alternativa, el segundo mecanismo 1405 puede estar posicionado excéntricamente con respecto al tubo envolvente 1400. En una realización, el tubo envolvente puede estar fabricado de plástico, tal como un polisulfona y/o similar.

25 En una realización, el primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden ser considerados colectivamente como un mecanismo interno y el tubo envolvente 1400 puede ser considerado como un externo. En una realización, el dispositivo puede operar en un primer modo. El primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden operar sustancialmente al unísono y ambos mecanismos pueden alternar entre un estado rígido y uno laxo juntos. La operación del primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 puede ser complementaria al tubo envolvente 1400. Por ejemplo, el primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden, ambos, ser hechos laxos mientras que el tubo envolvente 1400 es hecho rígido. Como alternativa, el primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden, ambos, hacerse rígidos cuando el tubo envolvente 1400 se hace laxo. Aún más, todo el mecanismo puede hacerse rígido al mismo tiempo.

35 Por ejemplo, mientras que está en el estado laxo, el primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden avanzar dentro del tubo envolvente 1400 hasta una cierta posición. El primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden hacerse rígidos, mientras que el tubo envolvente 1400 puede hacerse laxo. El tubo envolvente 1400 puede avanzar sobre el primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405. Esta secuencia de movimiento es análoga a la secuencia de movimiento descrita arriba y representada en la figura 6.

40 En una realización, el dispositivo puede operar en un segundo modo. En un segundo modo, el tubo envolvente 1400 puede actuar como una cánula maniobrabable que puede ser posicionada con ayuda del primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405. Por ejemplo, después de alcanzar una ubicación objetivo, el tubo envolvente 1400 puede ser hecho rígido. El primer mecanismo 1415 y el segundo mecanismo 1405 pueden continuar avanzando, mientras que el tubo envolvente 1400 puede permanecer estacionario. Según se ilustra en la figura 8, el tubo envolvente 1400 puede proporcionar longitud adicional al dispositivo 10 tipo serpiente flexible, permitiendo más flexibilidad en su posicionamiento y uso. El tubo envolvente 1400 puede, también, proporcionar soporte adicional al primer mecanismo (contenido dentro del segundo mecanismo 1405) y el segundo mecanismo 1405. Según se ilustra por la figura 7, el radio de curvatura asociado con un tubo envolvente 1400 puede, en algunas realizaciones, ser al menos tan grande como el radio de curvatura asociado con el segundo mecanismo 1405.

50 Las figuras 9A-9C ilustran ejemplos de secciones transversales de un dispositivo articulado que tiene un tubo envolvente de acuerdo con una realización. En la figura 9A, se resalta una sección transversal de un tubo envolvente 1400. Según se ilustra por la figura 9A, un tubo envolvente 1400 puede incluir uno o más orificios pasantes 1401, 1402, 1403. Cables de maniobra usados para controlar el tubo envolvente 1400 pueden estar recibidos por los orificios pasantes 1401, 1402, 1403.

55 En la figura 9B, se resalta una sección transversal de un segundo mecanismo 1405. Según se ilustra por la figura 9B, un segundo mecanismo 1405 puede incluir uno o más orificios pasantes 1408, 1409, 1410. Cables de maniobra usados para controlar el movimiento del segundo mecanismo 1405 pueden estar recibidos por los orificios pasantes 1408, 1409, 1410. El segundo mecanismo 1405 puede incluir uno o más puertos 1406, 1407. Un puerto puede ser un paso que se extienda a lo largo de la longitud de un dispositivo. Un puerto puede estar formado por el alineamiento de una o más acanaladuras de un primer mecanismo y una o más acanaladuras o paredes de un segundo mecanismo. En una realización alternativa mostrada en la figura 9B, un puerto puede estar formado enteramente en un primer mecanismo y/o un segundo mecanismo. Uno o más orificios pasantes pueden estar configurados para rodear y recibir uno o más cables de tensado y al menos un puerto puede estar configurado para

rodear útiles y/o similares.

En la figura 9C, se resalta una sección transversal del primer mecanismo 1415. Según se ilustra por la figura 9C, un primer mecanismo 1415 puede incluir un orificio pasante 1420 para entrega de un útil.

5 Un tubo envolvente puede usarse para entregar una pluralidad de dispositivos 10 tipo serpiente flexibles hasta una ubicación según se ilustra por la figura 10. Aunque la figura 10 ilustra un tubo envolvente que rodea dos dispositivos 1500, 1505 en una configuración paralela, pueden usarse dispositivos adicionales y/o configuraciones alternativas dentro del alcance de esta descripción.

10 Cada dispositivo puede ser operado en un primer modo, tal como el que se describió arriba. Cada dispositivo puede ser operado sustancialmente al unísono con cada uno de los otros dispositivos. Por ejemplo, mientras que está en un estado laxo, un primer dispositivo 1500 y un segundo dispositivo 1505 pueden avanzar dentro del tubo envolvente 1510 hasta una cierta posición. El primer dispositivo 1500 y el segundo dispositivo 1505 pueden ser hechos rígidos, mientras que el tubo envolvente 1510 puede ser hecho laxo. El tubo envolvente 1510 puede avanzar sobre el primer dispositivo 1500 y el segundo dispositivo 1505.

15 Los dispositivos 1510, 1505 y el tubo envolvente 1510 pueden operar en un segundo modo, similar al descrito arriba. El tubo envolvente 1510 puede actuar como una cánula maniobrable que puede ser posicionada con ayuda del primer dispositivo 1500 y el segundo dispositivo 1505. Por ejemplo, después de alcanzar una ubicación objetivo, el tubo envolvente 1510 puede ser hecho rígido. El primer dispositivo 1500 y el segundo dispositivo 1505 pueden continuar avanzando, mientras que el tubo envolvente 1510 puede permanecer estacionario. El primer dispositivo 20 1500 y el segundo dispositivo 1505 pueden ser operados independientemente según avanzan más allá del tubo envolvente 1310. El tubo envolvente 1310 puede proporcionar longitud adicional al dispositivo 10 tipo serpiente flexible, proporcionando más flexibilidad en su posicionamiento y uso. El tubo envolvente 1510 puede, también, proporcionar soporte adicional al primer dispositivo 1500 y al segundo dispositivo 1505.

25 Una pluralidad de tubos envolventes dispuestos en una estructura anidada pueden usarse en conjunto con uno o más dispositivos. La figura 11 ilustra una sección transversal del dispositivo que tiene n tubos envolventes los cuales están anidados concéntricamente unos dentro de otros. Según se ilustra en la figura 11, el tubo envolvente n 1600 puede rodear al menos una porción del tubo envolvente n-1 1605. El tubo envolvente n-1 1605 puede, a su vez, rodear al menos una porción del tubo envolvente 4 1610, etc. Según se ilustra por la figura 11, con una disposición anidada, bien concéntricamente o excéntricamente, de n-el tubo envolvente envolventes, un dispositivo puede tener una configuración telescópica. Cualquiera de los el tubo envolvente envolventes puede ser maniobrable o no 30 maniobrable, y aquellos que son maniobrables tendrán una pluralidad de cables de maniobra asociados. Los dispositivos no maniobrables requieren sólo un cable de tensado en un orificio pasante y ningún cable de maniobra. El soporte añadido proporcionado por el tubo envolvente envolventes adicionales puede permitir que un dispositivo alcance longitudes que de otra manera no sería capaz de alcanzar.

35 Un dispositivo puede incluir uno o más primeros mecanismos y uno o más segundos mecanismos y/o uno o más el tubo envolvente envolventes. Los primeros mecanismos, segundos mecanismos y/o el tubo envolvente envolventes pueden estar dispuestos en una configuración o combinación de configuraciones anidadas paralelas o en cualquier otra. Uno o más primeros mecanismos, segundos mecanismos y/o el tubo envolvente envolventes pueden estar dispuestos concéntricamente, excéntricamente y/o similares. Por ejemplo, un primer mecanismo puede estar posicionado concéntricamente con respecto a un segundo mecanismo. De manera similar, un dispositivo puede 40 estar posicionado excéntricamente con respecto a un tubo envolvente.

45 Cuando un primer mecanismo está dispuesto excéntricamente con respecto a un segundo mecanismo, el primer mecanismo puede "escaparse" del canal a través del cual está dispuesto durante el avance cuando el dispositivo está altamente curvado. Para resolver este problema, puede añadirse una sección pasiva de miembros de articulación internos a un extremo distal del primer mecanismo. La figura 12 ilustra un cable de tensado 1700 que tiene una primera porción de cable 1705 y una segunda porción de cable 1720 empalmadas juntas. Por ejemplo, puede usarse un cable trenzado 1700 hueco. El extremo distal del cable trenzado 1700 puede estar abierto para formar una manga 1715 y una sección separada más corta del mismo tipo de cable 1700 puede ser insertada en el tejido abierto de la manga 1715 según se ilustra por la figura 12. Una sección activa de cable 1720 y una sección pasiva 1705 pueden combinarse de tal manera que sus ejes longitudinales estén sustancialmente alineados. 50 Después de que una porción del segmento más corto es insertada en la trenza abierta del cable más largo, al menos una puntada de bastilla 1710 puede ser pasada a través de ambos cables en la sección en la que se solapan. En una realización, la porción puede ser aproximadamente de 3-5 mm de longitud. La puntada puede unir firmemente los cables juntos.

55 El diámetro aumentado del cable más largo con el cableado más corto empalmado sobre él puede actuar como un punto de transmisión de fuerza del cable del primer mecanismo sobre uno de los miembros de articulación intermedios. La sección más corta de cable puede entonces tener uno o más miembros de articulación enhebrados sobre ella. De tres a cinco miembros de articulación pueden ser enhebrados sobre la sección de cable más corta. Los miembros de articulación pasivos pueden ser fijados con un nudo de retenida que termina el extremo más distal en el segundo miembro de articulación. Debido a que los miembros de articulación de la porción activa del primer 60 mecanismo pueden ser fijados entre el alimentador y el punto de empalme, los miembros de articulación intermedios



## ES 2 658 968 T3

que están enhebrados sobre la sección más corta más allá del punto de empalme no pueden estar sometidos a las mismas cargas. Por ello, estos miembros de articulación intermedios no pueden hacerse rígidos.

5 Un beneficio adicional de tener el cable empalmado puede ser un aumento de la resistencia del cable. Por ejemplo, con un cable de ensayo de 667,23 N (150 lb), el cable puede romper cerca del nudo a aproximadamente 266,89 N (60 lb). Con un empalme, sin embargo, el cable puede romper lejos del punto de terminación a aproximadamente 444,82 N (100 lb).

Un primer mecanismo, un segundo mecanismo y/o un tubo envolvente pueden tener cualquier número de puertos, orificios pasantes y/o similares. Los puertos y/u orificios pasantes pueden estar dispuestos de tal manera que sean radialmente simétricos, radialmente asimétricos y/o similares.

10 La disposición de puertos y/u orificios pasantes con respecto al primer mecanismo 12 y/o el segundo mecanismo 14 puede variar. Por ejemplo, uno o más puertos pueden ser colocados concéntricamente o excéntricamente sobre el dispositivo 10. Además, uno o más puertos pueden estar completamente contenidos dentro de uno o más mecanismos del dispositivo 10. Por ejemplo, uno o más puertos pueden estar completamente contenidos dentro del segundo mecanismo 14. De manera similar, uno o más puertos pueden estar completamente contenidos dentro del primer mecanismo 12. Uno o más puertos pueden estar divididos entre una pluralidad de mecanismos del dispositivo 10. Por ejemplo, uno o más puertos pueden estar divididos entre el primer mecanismo 12 y el segundo mecanismo 14. En tal ejemplo, cuando las acanaladuras internas del segundo mecanismo están sustancialmente alineadas con las acanaladuras externas del primer mecanismo, un número de puertos más grandes igual al número de acanaladuras del primer/segundo mecanismo serán compartidos por los dos mecanismos. Cuando las acanaladuras internas del segundo mecanismo están sustancialmente desalineadas con las acanaladuras externas del primer mecanismo, existirá un número de puertos más pequeños igual a dos veces el número de acanaladuras del primer/segundo mecanismo. Uno o más puertos pueden estar expuestos al exterior del segundo mecanismo 14. Pueden usarse disposiciones de puerto adicionales y/o alternativas.

25 Ejemplos de diferentes configuraciones de puertos y orificios pasantes se ilustran por las figuras 13A-13J. Por ejemplo, la figura 13A ilustra un ejemplo de segundo mecanismo 14 que tiene cuatro orificios pasantes 1700, 1702, 1704, 1706. Según se ilustra por la figura 13A, los orificios pasantes pueden estar dispuestos excéntricamente de una manera radialmente simétrica. Cables de maniobra pueden ser entregados a través de los orificios pasantes.

30 La figura 13B ilustra un ejemplo de segundo mecanismo 14 que tiene tres orificios pasantes 1708, 1710, 1712. Según se ilustra por la figura 13B, los orificios pasantes 1708, 1710, 1712 pueden estar dispuestos excéntricamente de una manera radialmente simétrica dentro de la estructura del segundo mecanismo 14.

35 La figura 13C ilustra un ejemplo de segundo mecanismo 14 que tiene tres puertos 1714, 1716, 1718 contenidos en una pared externa 1720 del segundo mecanismo 14. El segundo mecanismo 14 puede incluir, también, uno o más orificios pasantes tales como los 1713, 1715, 1717 ilustrados por la figura 13C. Los orificios pasantes 1713, 17105, 1717 pueden estar dispuestos excéntricamente de una manera radialmente simétrica. Los orificios pasantes pueden estar espaciados uniformemente dentro de la disposición de los puertos 1714, 1716, 1718.

40 La figura 13D ilustra un ejemplo de segundo mecanismo 14 que tiene tres puertos 1722, 1724, 1726 posicionados en el exterior del segundo mecanismo 14. La figura 13D también ilustra tres orificios pasantes 1764, 1766, 1768. En una realización, los tres orificios pasantes 1764, 1766, 1768 pueden estar dispuestos excéntricamente de una manera radialmente simétrica según se ilustra por la figura 13D. El triángulo que se forma puede incluir un punto centro de una sección transversal de un mecanismo. Por ejemplo, el triángulo formado por los orificios pasantes 1764, 1766, 1768 en la figura 13D incluye un punto centro 1770 del segundo mecanismo 14. Los orificios pasantes pueden estar dispuestos como vértices de un triángulo equilátero. Puede existir un número par de orificios pasantes, de tal forma que cada orificio pasante puede tener un orificio pasante correspondiente posicionado en el lado diametralmente opuesto de un mecanismo. Cada orificio pasante y orificio pasante diametralmente opuesto pueden oponerse entre sí.

45 La figura 13E ilustra un ejemplo de segundo mecanismo 14 que tiene dos puertos dispuestos excéntricamente de manera radialmente asimétrica 1728, 1730. Según se ilustra por la figura 13E, el primer mecanismo 12 puede estar situado excéntricamente con respecto al segundo mecanismo 14. Los puertos 1728, 1730 pueden estar situados excéntricamente con respecto a un primer mecanismo. Según se ilustra por la figura 13E, los puertos 1728, 1730 pueden estar completamente contenidos en el segundo mecanismo 14. Por ello, ningún alineamiento/desalineamiento del primer mecanismo y el segundo mecanismo 14 puede ser necesario para definir cualquier pluralidad de puertos 1728, 1730. Según se ilustra por la figura 13E, el segundo mecanismo 14 puede incluir uno o más orificios pasantes 1727, 1729, 1731. Los orificios pasantes 1764, 1766, 1768 pueden estar espaciados para formar un triángulo según se ilustra por la figura 12E. Los orificios pasantes 1764, 1766, 1768 pueden estar enteramente contenidos en el segundo mecanismo 14.

55 La figura 12F ilustra un ejemplo de primer mecanismo 12 que tiene un único orificio pasante 1732 para, por ejemplo, un cable de tensado. El ejemplo de primer mecanismo 12 ilustrado por la figura 12F puede corresponder al segundo mecanismo 12 ilustrado por la figura 13E. Si el orificio pasante está posicionado concéntricamente, no es maniobrable, pero es inmovilizable cuando se aplica tensión. Si el orificio pasante está posicionado excéntricamente,

el primer mecanismo puede ser maniobrable pero no inmovilizable.

La figura 13G ilustra un ejemplo de primer mecanismo 12 que tiene tres orificios pasantes 1734, 1736, 1738 para, como ejemplo, tres cables de maniobra. El primer mecanismo 12 y/o el segundo mecanismo 14 pueden ser maniobrados con los cables de maniobra. A diferencia de la configuración de un orificio pasante único de la figura 13F, la configuración representada en la figura 13G es tanto maniobrable como inmovilizable.

La figura 13H ilustra ejemplo de puertos 1740, 1742, 1744 definidos por un primer mecanismo 12 y un segundo mecanismo 14. Según se ilustra por la figura 12H, los puertos 1740, 1742, 1744 pueden estar situados sobre una porción exterior del primer mecanismo 12 y dentro de la estructura del segundo mecanismo 14.

La figura 13I ilustra ejemplos de puertos 1746, 1748, 1750 definidos por un primer mecanismo 12. Según se ilustra en la figura 12I, los puertos 1746, 1748, 1750 pueden estar situados sobre una porción exterior del primer mecanismo 12. El primer mecanismo puede tener un único orificio pasante 1747 para, como ejemplo, un cable de tensado.

La figura 13J ilustra ejemplos de puertos 1758, 1760, 1762 definidos por un primer mecanismo 12. Según se ilustra por la figura 13J, los puertos pueden estar situados sobre una porción exterior del primer mecanismo 12. El primer mecanismo 12 puede incluir también uno o más orificios pasantes 1752, 1754, 1756. Pueden usarse ubicaciones de puerto y orificio pasante adicionales y/o alternativas.

Un dispositivo 10 que tiene dos orificios pasantes dispuestos excéntricamente de manera radialmente simétrica para cables de maniobra puede ser capaz de definir una superficie 2D la cual es plana. Por el contrario, un dispositivo 10 que tiene dos orificios pasantes para cables de maniobra puede ser capaz de definir una superficie 2D la cual es no plana si los orificios pasantes son radialmente asimétricos. Un dispositivo 10 que tiene un número impar de cables de maniobra dispuestos de manera radialmente simétrica o asimétrica puede requerir un actuador dedicado para cada cable. Por ejemplo, si un dispositivo 10 tiene  $n$  cables de maniobra, donde  $n$  es un número impar, o donde  $n$  es un número par y los orificios están dispuestos de forma radialmente asimétrica, pueden ser necesarios  $n$  actuadores para cargar los  $n$  cables de maniobra. Un actuador puede ser un dispositivo capaz de proporcionar una carga, una fuerza y/o similares. Ejemplos de actuadores pueden incluir motores CC, motores paso a paso, dispositivos EPAM, músculos, dispositivos con sistemas Microelectromecánicos ("MEMS") y/o similares.

Por ejemplo, la figura 13B ilustra un dispositivo 10 que tiene tres orificios pasantes, cada uno de los cuales puede soportar un cable de maniobra. Como el dispositivo de la figura 13B tiene un número impar de cables de maniobra (es decir, 3), cada cable de maniobra puede requerir un actuador.

Un dispositivo 10 puede tener un número par de cables de maniobra dispuestos de manera radialmente simétrica. Cada uno de los cables de maniobra puede tener un correspondiente actuador. Como alternativa, pares de cables opuestos diametralmente pueden ser actuados con un único actuador común. Por ejemplo, la figura 13A ilustra un dispositivo 10 que tiene cuatro orificios pasantes para cuatro cables de maniobra. Un primer cable de maniobra asociado con un primer orificio pasante (por ejemplo, 1700) puede estar situado opuesto a un segundo cable de maniobra asociado con un segundo orificio pasante (por ejemplo, 1704). El primer cable de maniobra y el segundo cable de maniobra pueden considerarse un par opuesto. El primer cable de maniobra puede considerarse una contraparte del segundo cable de maniobra. El primer cable de maniobra y el segundo cable de maniobra pueden ser cargados con un único actuador. El número de actuadores necesarios para cargar  $n$  cables de maniobra (donde  $n$  es un número par) puede ser un número mayor que o igual a  $n$  y menor que o igual a  $n/2$  porque cada cable de maniobra puede tener su propio actuador o puede compartir un actuador con un cable de maniobra opuesto. Un elemento de actuación adicional es necesario para aplicar tensión simultáneamente a todos los cables con el fin de inmovilizar el mecanismo. En tal ejemplo, el número total de actuadores necesarios es  $(n/2)+1$ .

Uno o más cables de maniobra pueden estar dispuestos para maximizar el espacio de trabajo. Para dispositivos 10 que tienen un número par de cables de maniobra, cuando un cable de maniobra es hecho más largo por el proceso de maniobra, la longitud de su cable de maniobra contraparte puede ser hecha más corta en una cantidad igual. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 13A, un primer cable de maniobra asociado con un primer orificio pasante (por ejemplo, 1700) puede estar situado opuesto a un segundo cable de maniobra asociado con un segundo orificio pasante (por ejemplo, 1704). Cuando el primer cable de maniobra es hecho más largo en la cantidad  $x$ , el segundo cable de maniobra puede ser hecho más corto en una cantidad  $x$ .

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de sonda articulado (10) que comprende:

un primer mecanismo que comprende:

un primer miembro de articulación (28) posicionado en una zona proximal (24) del primer mecanismo (12),

5 una pluralidad de miembros de articulación intermedios (32), en donde uno primero (58) de los miembros de articulación intermedios (32) está acoplado de manera movable al primer miembro de articulación (28),

un segundo miembro de articulación (30) posicionado en una zona distal (26) del primer mecanismo (12) el cual está acoplado de manera movable a uno segundo (60) de los miembros de articulación intermedios (32), y

10 un orificio pasante (76) posicionado excéntricamente a través del cual está dispuesto un cable de actuación, en el que un primer extremo del cable de actuación está configurado para ser terminado sobre un componente de actuación en la zona proximal (24) del primer mecanismo (12), y un segundo extremo del cable de actuación está configurado para ser terminado en el segundo miembro de articulación (30) del primer mecanismo (12) de forma que el cable transmite fuerza al segundo miembro de articulación (30) del primer mecanismo (12);

un segundo mecanismo (14, 1405) que comprende:

un primer miembro de articulación (124) posicionado en una zona proximal del segundo mecanismo (14, 1405),

20 una pluralidad de miembros de articulación intermedios (128), en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera movable al primer miembro de articulación (124), y

un segundo miembro de articulación (126) posicionado en una zona distal (122) del segundo mecanismo (14, 1405) y el cual está acoplado de manera movable a uno segundo de los miembros de articulación intermedios (128),

25 al menos dos orificios pasantes (1408, 1409, 1410) los cuales están dispuestos excéntricamente dentro del segundo mecanismo en un patrón radialmente simétrico, y

30 una pluralidad de cables de actuación, en donde cada cable está posicionado para corresponder con y pasar a través de uno de los orificios pasantes, en donde al menos uno de los cables de actuación que tiene un primer extremo y un segundo extremo está configurado para ser terminado, sobre el segundo extremo, en el segundo miembro de articulación del segundo mecanismo y, sobre el primer extremo, en un componente de actuación en la zona proximal del segundo mecanismo,

al menos un mecanismo tubular envolvente (1400), que comprende:

un primer miembro de articulación posicionado en una zona proximal del mecanismo tubular envolvente envolvente,

35 una pluralidad de miembros de articulación intermedios, en donde uno primero de los miembros de articulación intermedios está acoplado de manera movable al primer miembro de articulación, y un segundo miembro de articulación el cual está acoplado de manera movable a uno segundo de los miembros de articulación intermedios y posicionado en una zona distal del mecanismo tubular envolvente envolvente, y

40 al menos dos orificios pasantes (1401, 1402, 1403) los cuales están dispuestos excéntricamente en un patrón radialmente simétrico a través de los cuales están dispuestos cables de actuación (1805), en donde al menos uno de los cables de actuación (1805) está configurado para ser terminado, en un primer extremo, sobre el segundo miembro de articulación del mecanismo tubular envolvente (1400) y, en un segundo extremo de un componente de actuación, en la zona proximal del mecanismo tubular envolvente (1400) de forma que dicho cable de actuación transmite fuerza hasta el segundo miembro de articulación del mecanismo tubular envolvente (1400);

45 en el que el mecanismo tubular envolvente (1400) está configurado para rodear al menos una porción del primer mecanismo (12, 1415) y al menos una porción del segundo mecanismo (14, 1405),

en el que al menos uno del primer mecanismo (12, 1415), el segundo mecanismo (14, 1405) y el mecanismo tubular envolvente (1400) está configurado para ser maniobrable y extensible más allá de los otros mecanismos,

50 en el que el mecanismo tubular envolvente (1400) está configurado para avanzar sobre el primer mecanismo (12, 1415) y el segundo mecanismo (14, 1405) cuando el primer mecanismo (12, 1415) y el segundo mecanismo (14, 1405) operan en un modo rígido.

2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que:

el primer mecanismo (12) comprende, además, un único orificio pasante (1732) posicionado concéntricamente a través del cual está dispuesto un cable de tensado;

5 un primer extremo del cable de tensado está configurado para ser terminado en un componente de actuación en la zona proximal (24) del primer mecanismo; y

un segundo extremo del cable de tensado está configurado para ser terminado en un segundo miembro de articulación (30) del primer mecanismo de forma que el cable de tensado transmite fuerza al segundo miembro de articulación del primer mecanismo.

10 3. El dispositivo de la reivindicación 2, en el que el cable de tensado está configurado para transmitir fuerza a uno de los miembros de articulación intermedios (32) del primer mecanismo (12), de forma que al menos alguna porción del primer mecanismo se encuentre en un estado rígido cuando el cable de tensado está bajo tensión y de forma que el primer mecanismo se encuentre en un estado laxo cuando el cable no está bajo tensión.

15 4. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el cable de actuación está configurado para transmitir fuerza a uno de los miembros de articulación intermedios (32) del primer mecanismo (12) de forma que al menos alguna porción del primer mecanismo (12) desarrolle una curvatura cuando la longitud del cable de actuación es cambiada en la dirección de la excentricidad.

5. El dispositivo de la reivindicación 1 o 4, que comprende, además, una pluralidad de puertos (1734, 1736, 1738) que están completamente contenidos dentro de paredes de los miembros de articulación del primer mecanismo (12).

20 6. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende, además, una pluralidad de puertos, cada puerto formado parcialmente por acanaladuras (70, 72, 74) que están dentro de paredes de los miembros de articulación (32) del primer mecanismo (12) y parcialmente formados por estructura de las paredes de los miembros de articulación del segundo mecanismo (14) o del tubo envolvente (1400).

25 7. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que los cables de actuación están configurados de forma que cambiar la longitud de los cables de actuación de forma que uno sea más corto que el otro da como resultado el desarrollo de una curvatura en el segundo mecanismo de tal forma que la curvatura se encuentre en un plano el cual se está curvando en la dirección del más corto de los cables de actuación.

8. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el segundo mecanismo (14) comprende, además:

un número par de orificios pasantes (1700, 1702, 1704, 1706), mayor de dos los cuales están dispuestos excéntricamente dentro del segundo mecanismo en un patrón radialmente asimétrico; y

30 una pluralidad de cables de actuación, en donde cada cable está posicionado para corresponder con y pasar a través de uno de los orificios pasantes,

35 en el que al menos uno de los cables de actuación que tiene un primer extremo y un segundo extremo está configurado para ser terminado sobre el primer extremo en el segundo miembro de articulación (30) del segundo mecanismo y, sobre el segundo extremo, en un componente de actuación en la zona proximal del segundo mecanismo.

9. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que.

los orificios pasantes comprenden un número impar de orificios pasantes (1713, 1715, 1717; 1764, 1766, 1768), mayor de dos, los cuales están dispuestos excéntricamente en un patrón radialmente simétrico a través de los cuales están dispuestos cables de actuación; y

40 al menos uno de los cables de actuación está configurado para ser terminado, en un primer extremo, sobre el segundo miembro de articulación del segundo mecanismo y, en un segundo extremo de un componente de actuación dedicado en la zona proximal del segundo mecanismo.

45 10. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 7, 8 o 9, en el que los cables de actuación están configurados de forma que cambiar la longitud de los cables de actuación da como resultado el desarrollo de una curvatura en el segundo mecanismo de forma que la dirección de la curvatura es dependiente de las longitudes de los cables de actuación.

11. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el mecanismo tubular envolvente (1400) comprende, además:

un número par de orificios pasantes, mayor de dos los cuales están dispuestos excéntricamente en un patrón radialmente asimétrico a través de los cuales están dispuestos cables de actuación,

50 en el que al menos uno de los cables de actuación está configurado para ser terminado, en un primer extremo, sobre el segundo miembro de articulación del mecanismo tubular envolvente y, en un segundo extremo, y sobre

un componente de actuación dedicado en la zona proximal del mecanismo tubular envolvente de forma que dicho cable de actuación transmite fuerza hasta el segundo miembro de articulación del mecanismo tubular envolvente envolvente, en el que cables posicionados opuestos entre sí terminan sobre un componente de actuación común.

5 12. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el primer mecanismo (12) comprende acanaladuras (70, 72, 74) sobre una superficie lateral externa de tal forma que cada acanaladura, junto con la estructura circundante del segundo mecanismo (14), define un puerto o en el que el segundo mecanismo (14) comprende acanaladuras sobre una superficie lateral interna, de tal forma que cada acanaladura, junto con una estructura enfrentada a la acanaladura del primer mecanismo, define un puerto.

10 13. El dispositivo de la reivindicación 12, en el que el primer mecanismo (12) con al menos una acanaladura externa está o bien:

- 15 i) alineado apropiadamente con un segundo mecanismo (14) contraparte con el mismo número de acanaladuras internas para definir un número de puertos igual al número de acanaladuras sobre el primer o segundo mecanismo, o bien
- ii) desalineado con un segundo mecanismo (14) contraparte con el mismo número de acanaladuras internas de forma que los mecanismos segundo y tubular envolvente definen un número de puertos igual al número total de acanaladuras sobre el primer mecanismo más el segundo mecanismo.

14. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el segundo mecanismo (14) comprende acanaladuras sobre una superficie lateral interna, de tal forma que cada acanaladura define un puerto cuando el segundo mecanismo está rodeado por el mecanismo tubular envolvente (1400).

20 15. El dispositivo de la reivindicación 14, en el que el mecanismo tubular envolvente (1820) comprende acanaladuras sobre una superficie lateral interior y el segundo mecanismo (14) está alineado apropiadamente con el mecanismo tubular envolvente de forma que, o bien:

- 25 i) las acanaladuras casan y definen un número de puertos (1900, 1905) igual al número de acanaladuras sobre el segundo mecanismo, o bien
- ii) los mecanismos segundo y tubular envolvente definen un número de puertos igual al número total de acanaladuras sobre el mecanismo tubular envolvente más el segundo mecanismo.

16. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el al menos uno de los mecanismos comprende una porción rígida, al menos uno de los mecanismos comprende una porción maniobrable y la porción maniobrable está configurada para ser extensible más allá de una longitud de la porción rígida.

30 17. El dispositivo de la reivindicación 11, en el que:

todos los cables están configurados para conectar y transmitir fuerzas a al menos uno de los miembros de articulación intermedios del mecanismo tubular envolvente envolvente; y

35 el mecanismo tubular envolvente está configurado para encontrarse en un estado laxo cuando todos los cables de actuación están f y en un estado rígido cuando todos los cables de actuación están bajo cantidades iguales de tensión; y

el mecanismo tubular envolvente está configurado también de forma que cambiar la longitud de los cables de actuación da como resultado el desarrollo de una curvatura en el mecanismo, en donde la dirección de la curvatura es dependiente de las longitudes del conjunto de cables.

40 18. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que todos los cables de actuación transmiten fuerzas al segundo miembro de articulación (126) o al menos uno de los miembros de articulación intermedios (128) del segundo mecanismo (14), de tal forma que el segundo mecanismo se encuentra en un estado laxo cuando los cables de actuación están flojos y al menos alguna porción del segundo mecanismo se encuentra en estado rígido cuando todos los cables de actuación están bajo igual tensión.

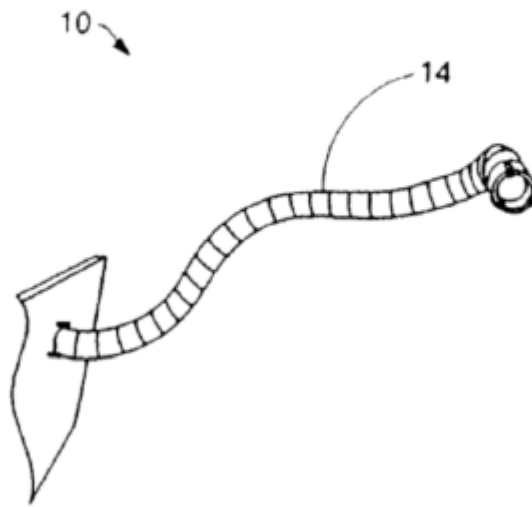


FIG. 1

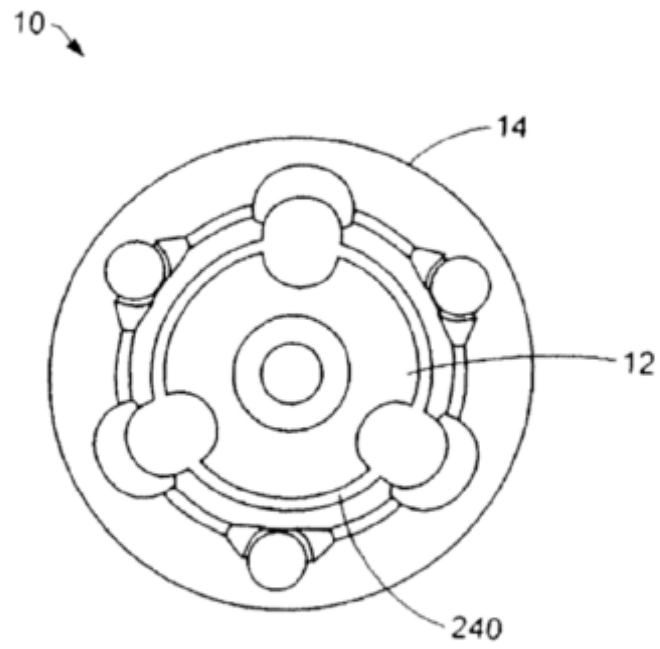
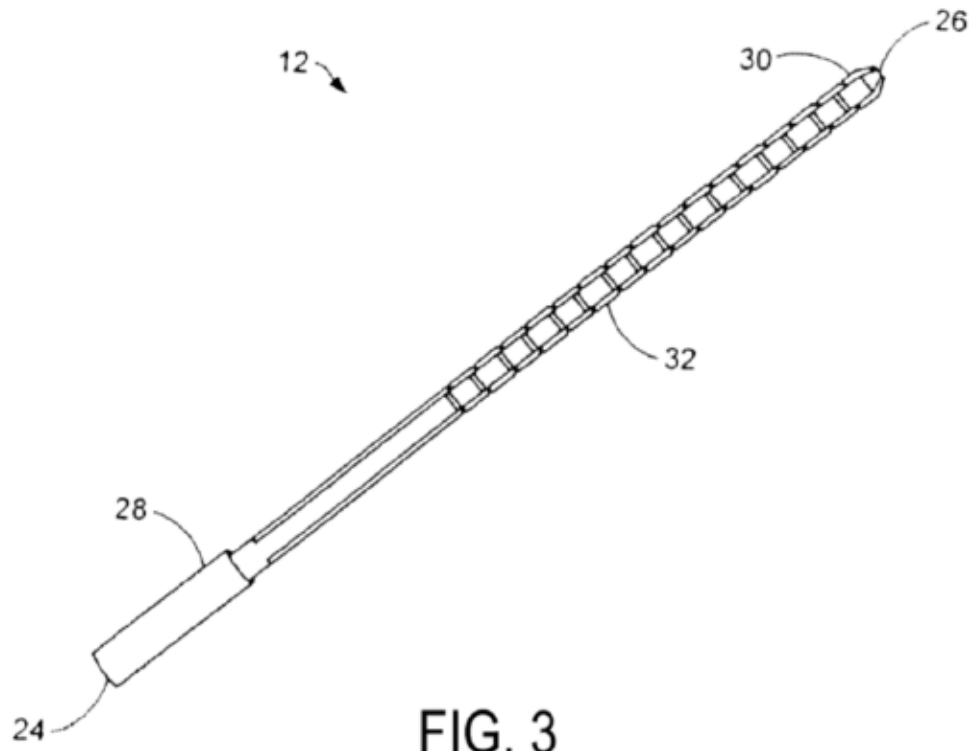


FIG. 2





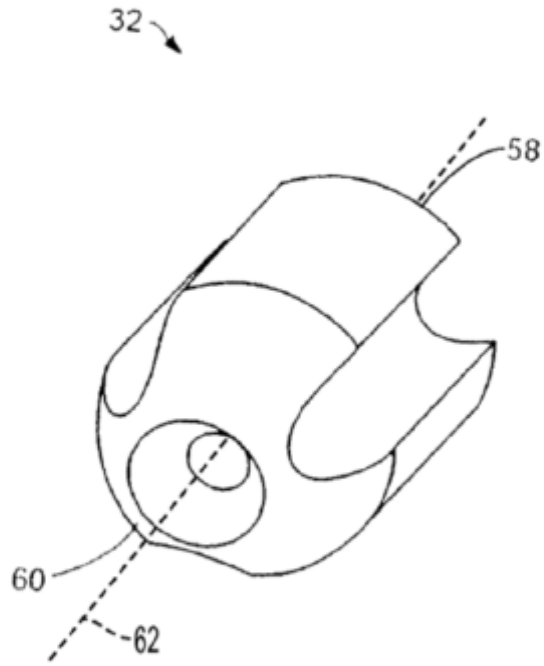


FIG. 4

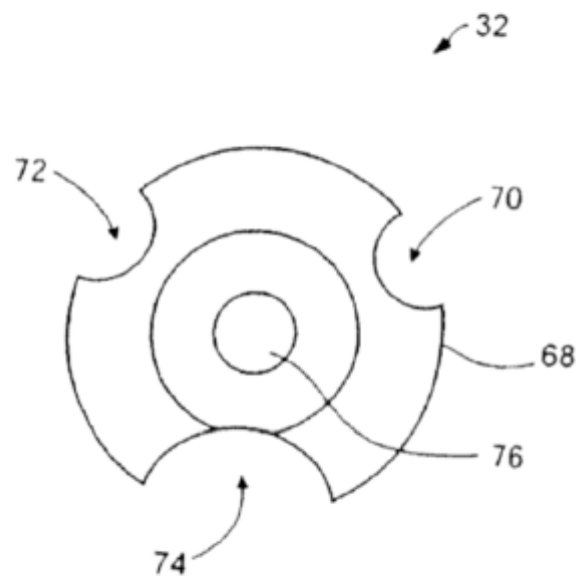


FIG. 5

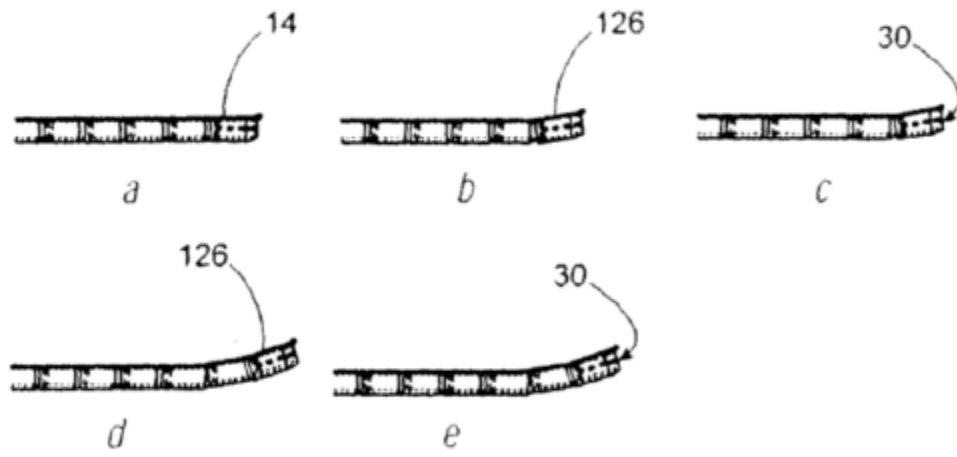


FIG. 6

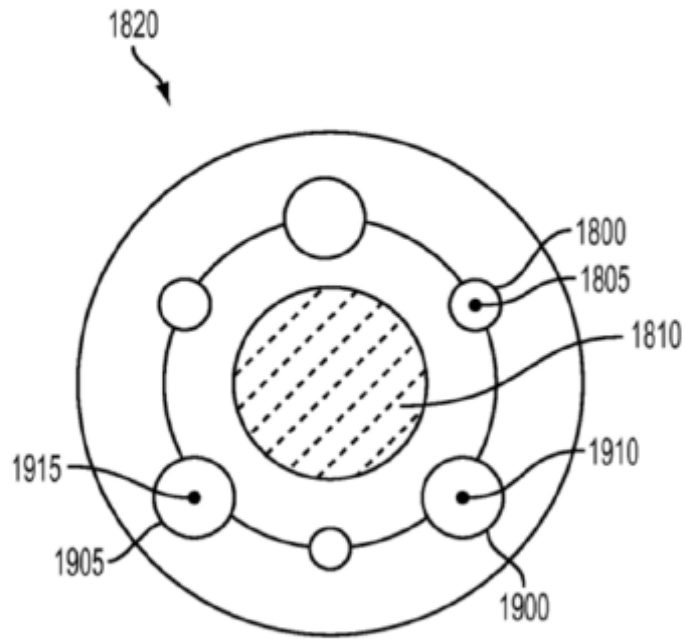


FIG. 7

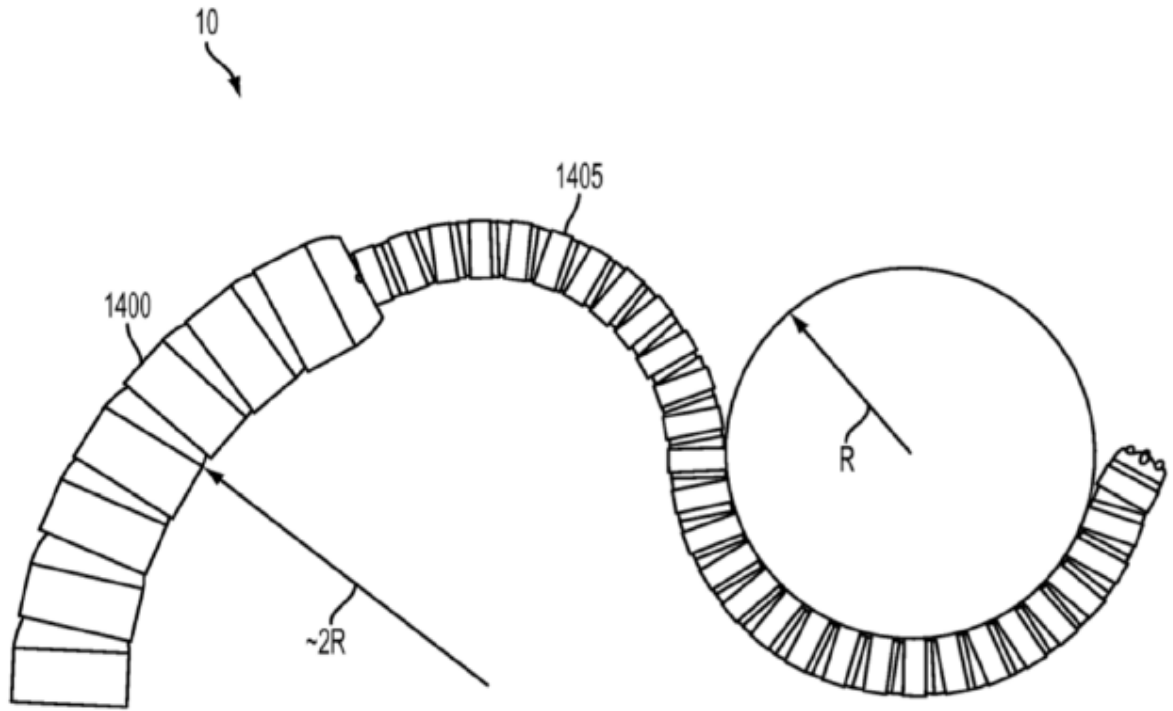


FIG. 8

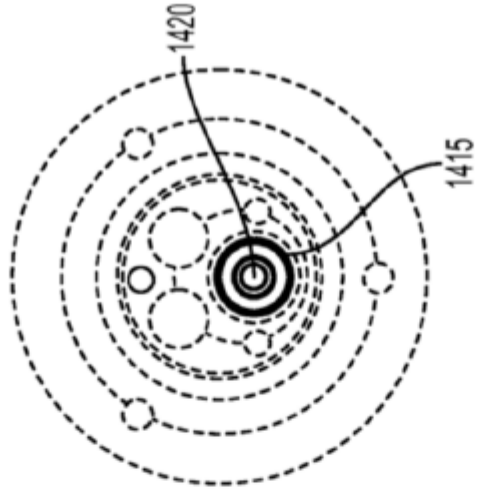


FIG. 9C

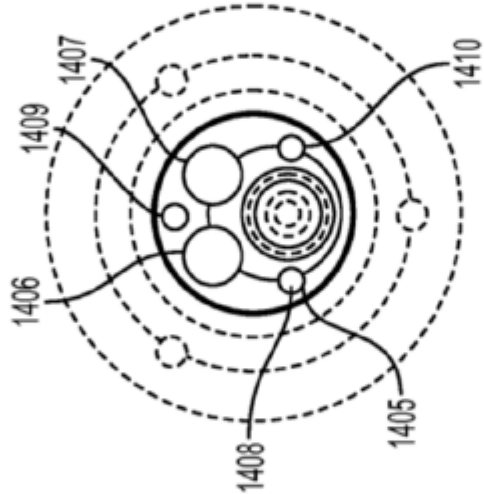


FIG. 9B

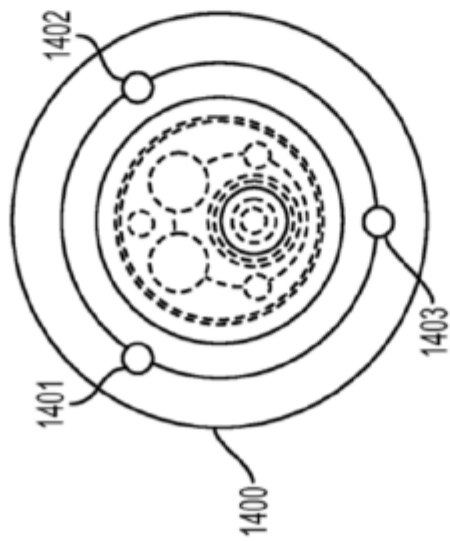


FIG. 9A

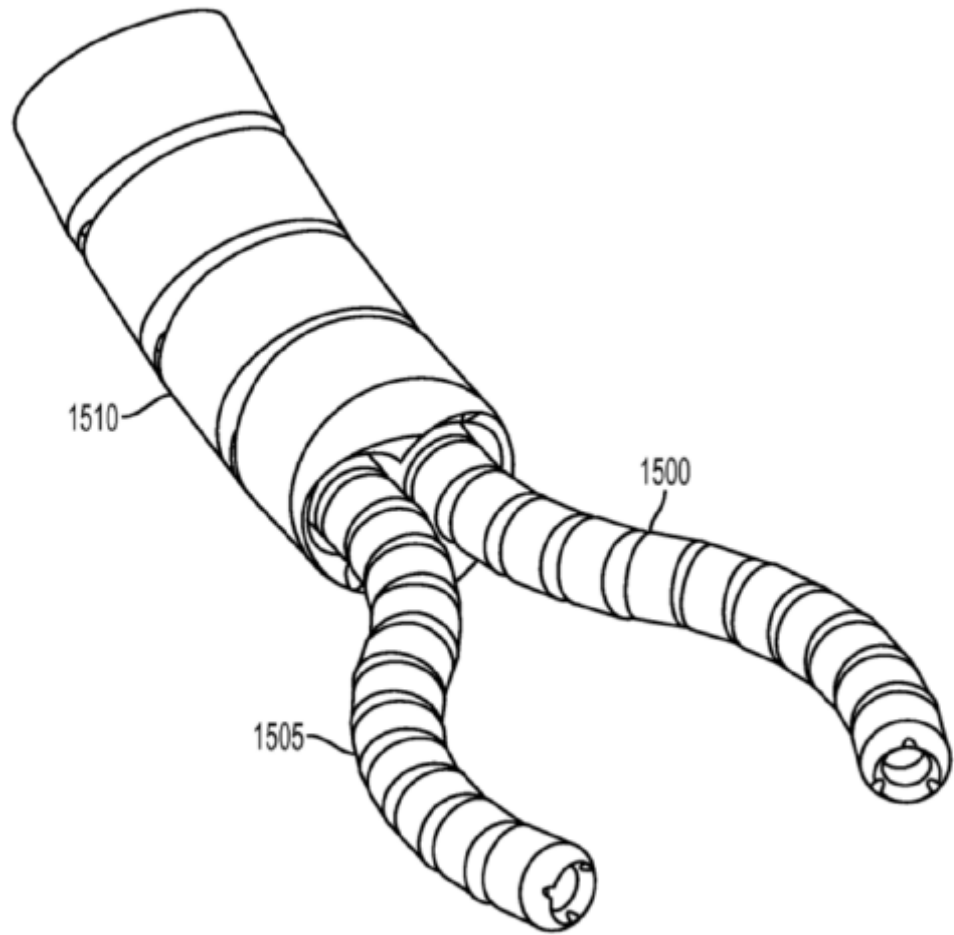


FIG. 10

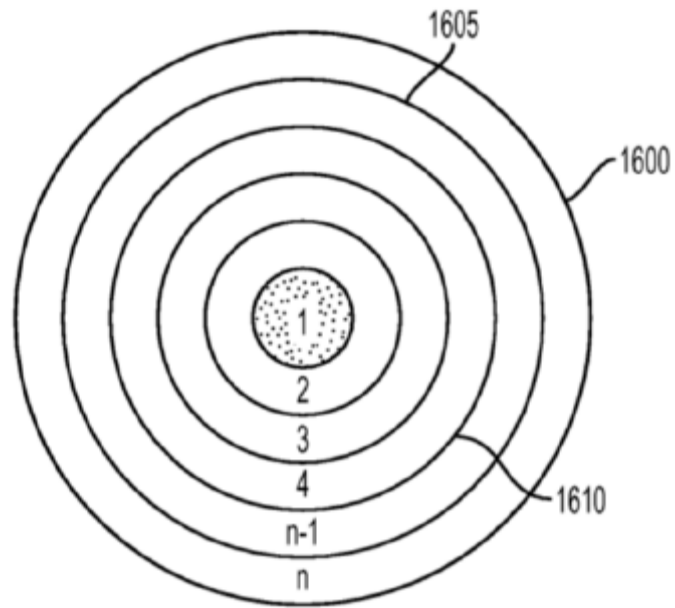


FIG. 11



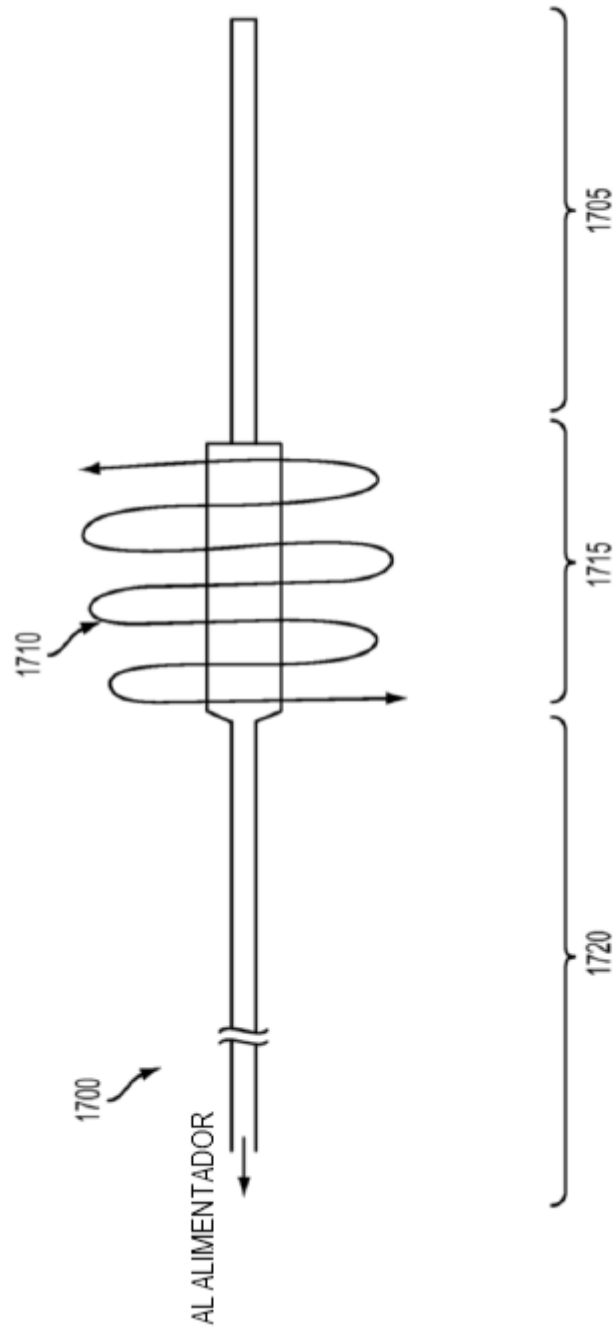


FIG. 12

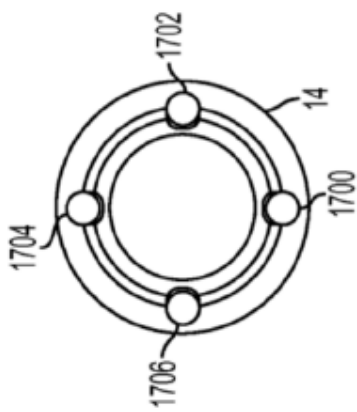


FIG. 13A

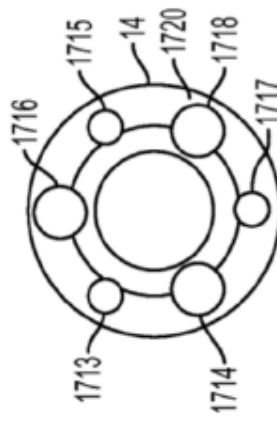


FIG. 13B

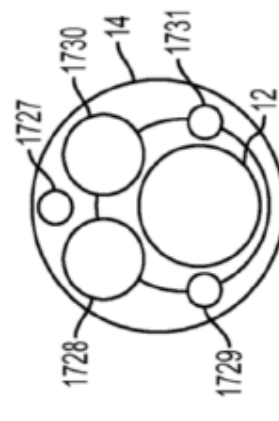


FIG. 13C

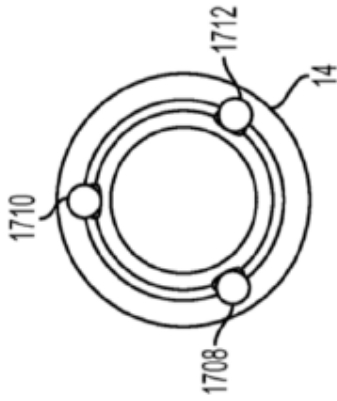


FIG. 13D

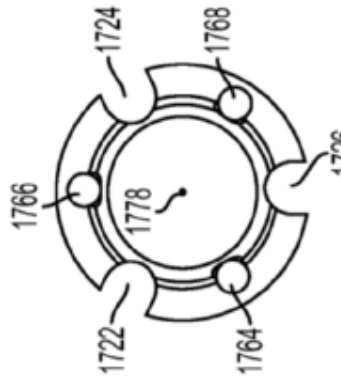


FIG. 13E

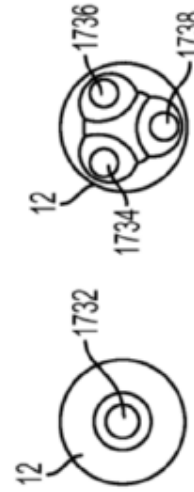


FIG. 13F

FIG. 13G

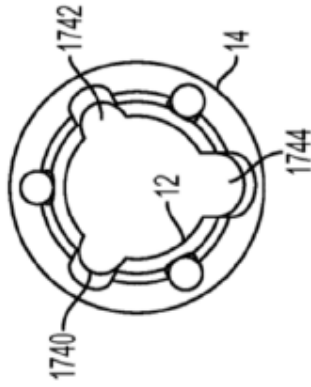


FIG. 13H



FIG. 13I

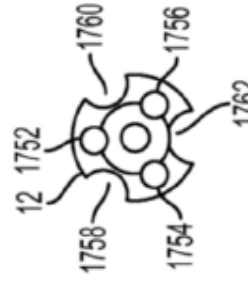


FIG. 13J