

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 619**

51 Int. Cl.:

F15B 15/10	(2006.01)
B25J 15/08	(2006.01)
B25J 15/12	(2006.01)
B25J 9/14	(2006.01)
B25J 15/00	(2006.01)
B25J 15/06	(2006.01)
B25J 15/10	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.06.2015 PCT/US2015/034911**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2015 WO15191585**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2015 E 15805975 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021 EP 3152446**

54 Título: **Activadores robóticos blandos que utilizan superficies asimétricas**

30 Prioridad:

09.06.2014 US 201462009659 P

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

17.11.2021

73 Titular/es:

**SOFT ROBOTICS, INC. (100.0%)
51 Moulton Street
Cambridge, MA 02138, US**

72 Inventor/es:

**LESSING, JOSHUA, AARON;
KNOPF, RYAN, RICHARD y
MCLELLAN, NOEL**

74 Agente/Representante:

BALLESTER INTELLECTUAL PROPERTY S.L.P.U

ES 2 877 619 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

Activadores robóticos blandos que utilizan superficies asimétricas

Campo de la descripción

5 [0001] La descripción se refiere de forma general a activadores flexibles y, más particularmente, a manipuladores robóticos blandos.

Solicitudes relacionadas

[0002] Esta solicitud está relacionada con la Publicación de Solicitud de Patente Internacional núm. WO2012/148472 de Iliovsky et al.

Antecedentes

10 [0003] Un robot es un manipulador polivalente, programable y controlado automáticamente que puede funcionar en un lugar fijo o en movimiento. La robótica es un campo de una importancia enorme (y creciente) en sectores desde el montaje hasta la cirugía. La mayoría de los sistemas robóticos son «duros», es decir, que están compuestos de estructuras metálicas con juntas basadas en cojinetes convencionales. Estas estructuras suelen modelarse a partir de las extremidades de los animales (aunque ciertas estructuras que no se encuentran en la naturaleza, como, por ejemplo, ruedas y bandas de rodadura, también son comunes en robots móviles).

15 [0004] En un esfuerzo por construir robots que puedan llevar a cabo tareas sofisticadas en entornos desestructurados, los investigadores continúan simulando criaturas vivas y sus materiales, morfología y movimientos. Durante los últimos años, los manipuladores robóticos blandos han generado un interés significativo debido a su amplia gama de aplicaciones potenciales que están suponiendo un reto para los robots «duros». Por ejemplo, los robots blandos pueden sujetar objetos delicados como huevos, ya que la superficie de los robots blandos puede ajustarse a la forma de los objetos que sujeta. Los robots blandos también caben en lugares que suponen un problema para los robots duros. Por ejemplo, un robot blando puede caber por debajo de la jamba de una puerta si se desinfla. Además, los robots blandos se pueden mover en un entorno que supone un reto para los robots duros. Por ejemplo, los robots blandos pueden maniobrar en superficies no rígidas como, por ejemplo, en barro, arcilla, gel o en fluidos como el agua.

25 [0005] Una forma de construir un manipulador robótico blando es integrando esqueletos robóticos rígidos con compartimentos o pieles suaves. Sin embargo, estas estructuras solo se pueden mover de forma limitada. Además, los esqueletos rígidos pueden no ser adecuados para muchas aplicaciones, como para manipular objetos delicados u objetos con una importante variación entre piezas.

30 [0006] Los músculos artificiales neumáticos, como los activadores McKibben, son dispositivos contráctiles o extensibles que funcionan con aire presurizado. Los activadores de tipo McKibben tienen una estructura sencilla que consiste en una cámara interna envuelta en una carcasa de malla trenzada. La carcasa de malla trenzada incluye hilos flexibles, pero no extensibles, orientados a un sesgo alrededor de la cámara. Cuando la cámara interna se presuriza, el aire presurizado empuja contra la superficie de la cámara interna y la carcasa externa, haciendo que la cámara se expanda. Como ocurre en el atrapados chino, la carcasa de malla trenzada se acorta como si fuera una tijera ya que los hilos no son extensibles. Conforme la carcasa de malla trenzada se acorta, el activador se acorta también en consecuencia, ejerciendo así una fuerza en la dirección de la contracción. Estos activadores pueden ser rápidos y tener una dependencia longitud-carga similar a la de los músculos, pero poseer solamente un modo de activación - contracción y extensión.

40 [0007] Los robots blandos, o los activadores de robots blandos, pueden identificarse fácilmente por los materiales utilizados en su fabricación y métodos de activación. El campo de la activación robótica blanda comenzó con el trabajo de Kuhn et al. en 1950. Kuhn et al. se centraron en la modificación reversible de un material polimérico, concretamente, en el enrollamiento y desenrollamiento. La modificación reversible de un material polimérico depende de la acidez del medio circundante. Kuhn et al. aprovecharon esta propiedad para mover un peso con éxito. Esto demostró la posibilidad de utilizar materiales blandos en activadores robóticos. Hamlen et al. difundieron esta idea en 1965 y demostraron que los materiales poliméricos pueden contraerse electrolíticamente.

45 [0008] Kuhn et al. y Hamlen et al. sentaron las bases del uso de geles poliméricos en robots blandos. En concreto, Otake et al. mostraron el uso de polímeros electroactivos en la fabricación de activadores robóticos con forma de estrella de mar. En 1996, Suzumori et al. también mostraron activadores blandos de accionamiento neumático. Estos activadores estaban configurados para responder a la presurización de cámaras selladas fabricadas con polímeros extensibles. Se ha utilizado este tipo de activadores a escala milimétrica para fabricar pinzas, tentáculos y otros dispositivos relacionados, incluyendo los actuadores neumáticos de globo.

[0009] JP S61 203287 describe un dedo flexible para una mano robótica que tiene como objetivo mejorar el agarre en la punta, concretamente para la manipulación de los pacientes. WO 2013/062463 describe una herramienta accionada por vacío que tiene un fuelle que es conectable a una fuente de vacío. SU 556 940 describe un manipulador que tiene como

objetivo reducir la presión de agarre de los objetos y simplificar el diseño de agarre. Conforme el campo ha ido progresando, ha aparecido la necesidad de desarrollar activadores que cumplan con una dinámica de actuación adaptada a la creciente lista de aplicaciones para dispositivos de robots blandos. También se necesitan marcos de diseño para el desarrollo de nuevos activadores basado en un modelado cuantitativo y en la manipulación de un número relativamente pequeño de parámetros de activación.

Resumen

[0010] La presente invención proporciona un activador robótico blando, como se establece en la reivindicación 1, que aborda las necesidades descritas anteriormente proporcionando un activador que se ha configurado para llevar a cabo nuevos movimientos a través de la inclusión de elementos de diseño, los cuales pueden configurarse mediante la manipulación de una lista relativamente corta de parámetros para someterse a cambios específicos accionados por la presión que se pueden diseñar utilizando técnicas de modelado cuantitativo.

[0011] Un aspecto de la presente definición se refiere a un activador robótico blando que incluye un cuerpo alargado flexible o elástico que define un vacío sellado que puede presurizarse o despresurizarse en relación con el entorno que rodea al activador. El cuerpo alargado incluye una primera parte de pared con una forma o perfil sustancialmente uniformes y, en frente de la primera parte de pared, una segunda parte de pared con una parte de pared variable repetida. La altura interna del cuerpo alargado varía a lo largo de su longitud. La presurización o despresurización del cuerpo alargado flexible o elástico provoca la flexión de al menos una parte del cuerpo alargado flexible o elástico y, por lo tanto, del activador. El perfil de la segunda parte de pared se caracteriza por una altura de pared máxima, una altura de pared mínima y una distancia (medida como la distancia de pico a pico entre segmentos repetitivos adyacentes, cada uno de los cuales es capaz de sufrir una activación en respuesta a la presurización interna, o «celdas unitarias»). Cada uno de estos parámetros y el grosor de la pared del cuerpo alargado pueden variar para «sintonizar» la sensibilidad de la presión del activador, es decir, para hacer que el activador se curve a un índice predeterminado en respuesta a cambios de la presión interna del cuerpo alargado flexible o elástico. En algunos casos, el cuerpo alargado flexible o elástico define una luz que se extiende entre los extremos próximos y distales del cuerpo alargado, la luz del cual está abierta de forma permanente o reversible al exterior del dispositivo en el extremo distal (p. ej., por medio de una válvula). La luz se puede conectar, diversamente, a una fuente de presión (incluyendo una presión negativa), una fuente de fluido, o un dispositivo médico que incluye una parte alargada que es capaz de insertarse en y pasar o extenderse a través de la luz para alcanzar el exterior del dispositivo. La abertura distal de la luz puede incluir una copa de succión y el cuerpo alargado flexible o elástico puede incorporar, de manera general, herramientas útiles como instrumentos de corte (por ejemplo, cuchillas, bisturíes, etc.), ganchos y agujas en su extremo distal. En algunos casos, el activador robótico blando incluye una cámara que contiene un material granular que normalmente es flexible pero que se vuelve rígido cuando se evacua el aire proveniente de la cámara al aplicar un vacío.

[0012] Otro aspecto de la presente descripción se refiere a un activador robótico blando que incluye dos o más (es decir, una pluralidad de) cuerpos alargados flexibles como los descritos anteriormente. Los cuerpos alargados están colocados opcionalmente en una disposición en paralelo en la cual sus primeras partes de pared están cercas la una de la otra y orientadas hacia el interior, mientras que las segundas partes de pared están orientadas hacia el exterior.

[0013] Otro aspecto de la presente descripción se refiere a un dispositivo médico que incluye dos o más (es decir, una pluralidad de) activadores robóticos blandos dispuestos para definir un elemento de agarre (es decir, un dispositivo que pueda agarrar y soltar un objeto). Cada activador incluye uno o varios cuerpos alargados flexibles como se ha descrito anteriormente.

[0014] Otro aspecto de la presente descripción se refiere a un dispositivo médico que incluye un elemento alargado y una pluralidad de activadores robóticos blandos como los descritos anteriormente. El elemento alargado define una o varias luces conectadas a los vacíos dentro de cada activador. En varias formas de realización, el dispositivo incluye un elemento de cierre que está dispuesto sobre los activadores para reducir la interferencia mecánica dentro del cuerpo durante la inserción del dispositivo. En algunos casos, el dispositivo incluye dos activadores conectados al extremo distal del elemento alargado a través de una junta Y. En algunos casos, se puede disponer de un muelle para separar los activadores dispuestos en la junta en Y.

[0015] Otro aspecto de la presente descripción se refiere al uso de un dispositivo según una forma de realización de la invención para tratar a un paciente insertándolo en el cuerpo de un paciente y activando un activador para agarrar una parte del cuerpo del paciente.

Breve descripción de los dibujos

[0016]

La FIG. 1A-D incluye una fotografía y tres vistas esquemáticas de un activador robótico blando ejemplar.

La FIG. 2A-D muestra 4 vistas separadas esquemáticas de un activador robótico blando ejemplar.

La FIG. 3. ilustra la flexión sensible a la presión de un activador robótico blando según ciertas formas de realización de la presente invención.

La FIG. 4 ilustra como variando ciertos parámetros físicos de activadores según la presente invención, se altera la sensibilidad de la presión, es decir, el grado por el cual se curvan en respuesta a cambios en la presión interna.

La FIG. 5 ilustra ciertas dimensiones físicas de un activador según una forma de realización de la invención.

La FIG. 6 es una vista esquemática de un activador según la presente invención que se dobla en respuesta a la aplicación de un vacío interno.

La FIG. 7 es una vista esquemática de un activador que incorpora un material granular que rigidiza, según ciertas formas de realización de la presente invención.

La FIG. 8 es una vista esquemática de un activador que incorpora un material granular que rigidiza, según ciertas formas de realización de la presente invención.

La FIG. 9A-E muestra varias vistas esquemáticas de los activadores que incorporan instrumentos quirúrgicos, copas de succión u otros manipuladores, según ciertas formas de realización de la presente invención.

La FIG. 10 muestra una vista esquemática de un activador de la presente invención que incorpora un cable.

La FIG. 11 muestra una vista esquemática de un activador de la presente invención que incorpora uno o varios materiales antivibratorios.

La FIG. 12 muestra un activador robótico blando multidireccional según una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 13 muestra fotos de una pinza que incorpora activadores robóticos blandos según otra forma de realización de la presente invención.

La FIG. 14 muestra un activador robótico blando multidireccional según una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 15 muestra un instrumento quirúrgico ejemplar según una forma de realización de la invención.

La FIG. 16 muestra una parte de un instrumento quirúrgico según una forma de realización de la invención empacotado para su utilización.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

[0017] A continuación, se describirá más detalladamente la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran las formas de realización preferidas de la invención. Sin embargo, la invención puede tener varias formas de realización y no debe limitarse a las realizaciones expuestas en el presente documento. Más bien, se proporcionan estas formas de realización para que la descripción sea exhaustiva y completa, y transmita completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. En los dibujos, los números similares hacen referencia a elementos similares.

[0018] Según la presente descripción, se proporciona un activador de «robot blando» compacto y portable, que se dobla o altera su perfil ante los cambios de curvatura inducidos por la extensión de las regiones de despliegue y tensión programadas donde se proporciona el activador. Según varias formas de realización de la invención, los activadores utilizan una relación cinemática de las longitudes de arcos entre las caras opuestas del activador. Se seleccionan estas relaciones de las longitudes de arco para que el activador se despliegue o pliegue con un perfil final predeterminado. El perfil final puede incluir cualquier forma o combinación de formas que sean útiles para una aplicación particular. Por ejemplo, el perfil final puede doblar, torcer, extender y/o contraer el activador.

[0019] Según la invención y como se describirá más detalladamente en el presente documento, los activadores tienen varias ventajas en relación con los diseños de los activadores existentes. En primer lugar, según la presente invención, los activadores tienen, generalmente (aunque no necesariamente), perfiles de activación lineales, lo que significa que experimentan un desplazamiento fijo (p. ej., una reducción o aumento en el radio de la curvatura, o un desplazamiento lineal de un extremo distal del activador en relación con un extremo próximo). En segundo lugar, según la presente invención, los activadores tienen, generalmente, un rango dinámico amplio y altamente sintonizable que supone una mejora respecto a la acción más escalonada de muchos de los activadores utilizados actualmente, en los que se produce la activación en un pequeño rango por encima de un umbral. Los valores por debajo de este umbral son esencialmente una zona muerta a efectos de controlar los activadores. En tercer lugar, los activadores diseñados según los principios de la presente invención experimentan una presión significativamente menor (p. ej., cuatro o cinco veces menor) que la de los diseños de los activadores existentes, reduciendo la probabilidad de fallo y mejorando la

reproducibilidad de activación entre ciclos. En cuarto lugar, la presente invención incluye un marco para el diseño de activadores en los que pocos parámetros, relativamente, pueden variar para sintonizar perfiles de activación, simplificando el diseño y modelado de los **activadores** para aplicaciones específicas, lo que reduce la necesidad de prototipos físicos de los diseños de activadores, acortando así el tiempo de uso.

5 **[0020]** La resistencia del activador a cambios en curvatura se determina por una tensión inducida de los materiales en los que se construye el cuerpo. Tal resistencia puede programarse dentro de un rango extremadamente amplio de magnitudes, y puede modularse a través de la selección de materiales elastoméricos o no elastoméricos especializados y geometrías del cuerpo. De esta forma, la resistencia del activador a una curvatura cambiante puede tener una relación funcional controlada a una presión o vacío aplicados (lineal, exponencial, logarítmico, sinusoidal, etc.) y esta relación funcional puede variar intencionadamente en diferentes ubicaciones dentro del activador. Como ejemplo de ello, en algunas formas de realización de la invención, se utiliza una cara periódica con forma de «acordeón» opuesta a una cara plana para proporcionar las longitudes de arco relativas adecuadas para un doblaje uniforme y garantizar que la respuesta de tensión es lineal con respecto a la curvatura que se dobla. Esto puede considerarse similar a la mecánica de un muelle helicoidal que se extiende o se comprime.

15 **[0021]** La funcionalidad de este activador se puede mejorar incorporando características suplementarias como una cámara de interferencia para hacer el activador en uso más rígido; copas de succión a lo largo de la superficie del activador para mejorar la sujeción, y la inclusión de un cable o malla de nitinol para proporcionar una combinación de fluidos y activación electromecánica.

20 **[0022]** Los activadores y características de diseño descritas en el presente documento están, en varias formas de realización de la invención, integradas en una variedad de estructuras de activación que incluyen, sin ninguna limitación, tentáculos de varias cámaras, pinzas de varios dedos, retractores quirúrgicos, dispositivos quirúrgicos mínimamente invasivos y una multitud de otros conjuntos robóticos blandos.

25 **[0023]** Con referencia a la FIG. 1, un activador blando ejemplar 100, según ciertas formas de realización de la invención, incluye partes opuestas plegables 110 y no plegables 120. La FIG. 1A es una fotografía de un activador blando, mientras que las FIGS. 1B-D muestran varias vistas esquemáticas de los activadores 100, que incluyen una de sección transversal en la FIG. 1D que ilustra la relación espacial entre las partes plegables 110 y no plegables 120.

30 **[0024]** Volviendo a las FIGS. 2A-B, los activadores blandos 100, según la invención, incluyen generalmente una o varias celdas unitarias 130, cada celda 130 incluyendo a su vez una única parte plegada 110 en el lado opuesto de un activador de una porción no plegada 120. En un patrón lineal de repetición, las celdas unitarias idénticas 130 pueden combinarse para crear un activador que se doble 100 con un radio constante de curvatura, tal y como se muestra en las FIGS. 2C-D. La FIG. 2 muestra que, conforme la presión interna del activador 100 aumenta, el activador 100 se curva sobre la parte no plegable 120. En esta disposición, la longitud relativa de la parte plegable 110 aumenta en relación con la de la parte no plegable 120, conforme la presión interna del activador 100 aumenta.

35 **[0025]** En algunos casos, se puede programar un movimiento de flexión complejo en la estructura de un activador blando combinando un conjunto de celdas unitarias de diferente altura, distancia y grosor de pared en un patrón lineal para generar un activador de flexión con un radio variable de curvatura. Mediante la construcción de un activador blando con pliegues en múltiples caras del activador, es posible crear una estructura que genere una flexión multidireccional (p. ej., de forma helicoidal o de serpiente) y/o una torsión al presurizar o aplicar vacío.

40 **[0026]** Volviendo a la FIG. 3A-C, el grado de activación de los activadores, según formas de realización de la invención, puede depender linealmente, o no linealmente, de la presión interna aplicada al activador. La Fig. 3A muestra un activador 100 en reposo, en el que la presión interna del activador es igual a la presión externa (0 PSI) y el desplazamiento angular entre el extremo próximo 150 y el extremo distal 160 del activador es sustancialmente cero (llamado grado de activación a efectos de la presente descripción). Conforme la presión interna dentro del activador 100 aumenta, el desplazamiento angular aumenta de forma sustancialmente lineal entre 0 y 90 grados.

45 **[0027]** La relación entre la presión interna del activador 100 y el grado de activación se determina, al menos en parte, por la geometría de la parte plegable 110. La FIG. 4A muestra las relaciones entre la presión interna y activación donde varias de las partes plegables 110 se caracterizan por (i) distintas alturas máximas de la pared 111, medidas desde la superficie interna de la parte no plegable 120 (ii), diferentes distancias de paso, medidas de punta a punta dentro de una celda unitaria 130 y (iii) distintos grosores de pared. En general, el aumento de la altura tiende a aumentar la sensibilidad de la presión del activador 100, mientras que aumentar el grosor de pared y la distancia tienden a disminuir la sensibilidad de la presión. Ventajosamente, los perfiles de activación, según varias formas de realización de la invención, son generalmente lineales en un amplio rango de presiones de hasta 103,5 kPa (15 PSI) en algunos casos y responden a presiones en umbrales cercanos a cero kPa (PSI). Por el contrario, los diseños de activadores existentes están caracterizados generalmente por rangos dinámicos más cortos de, por ejemplo, 20 o 28 kPa (3 o 4 PSI) y, a menudo, tienen umbrales de respuesta a la presión más altos que los observados en la FIG. 4. Como consecuencia de ello, los diseños de activadores existentes son generalmente menos controlables, ya que tienen mayores «zonas muertas» de control y pasan de activación cero a una activación completa en un rango de presión relativamente

estrecho, que requiere un control relativamente fino de las presiones aplicadas para conseguir el control sobre el grado de activación.

5 **[0028]** Otra de las ventajas de los diseños de activadores, según la presente invención, es la minimización de tensión causada por la activación a través de la incorporación de la alternación de segmentos de pared «largos» y «cortos» dentro de las regiones de pliegue 110, como se muestra en la Fig. 5. Según varias de las formas de realización de la presente invención, en los activadores, la expansión de la región de pliegue 110 se lleva a cabo, en parte, por el despliegue de estas estructuras más que exclusivamente por el alargamiento debido a la tensión, como en los diseños de activadores existentes. La minimización de tensión de los activadores de la presente invención mejora generalmente la consistencia (i.e. la reproducibilidad) de la trayectoria de activación a través de múltiples ciclos y reduce el riesgo de fallo mecánico debido a la fatiga del material tras varios ciclos de activación. Por el contrario, los diseños de activadores convencionales, en los que la activación se acompaña generalmente de una tensión sustancialmente mayor, son más propensos a histéresis y serán más propensos al fracaso tras ciclos repetidos.

10 **[0029]** Mientras que los ejemplos anteriores se han centrado en la activación llevada a cabo mediante el aumento de la presión interna dentro del activador, en formas de realización preferidas, el activador 100 también es capaz de activarse al revés en respuesta a una presión interna disminuida, como se muestra en la FIG 6A-B. Conforme la presión interna de dentro del activador 100 disminuye, la longitud relativa de la parte plegable 110 disminuye en relación con la de la parte no plegable 120 ya que el ancho de cada celda unitaria 130 disminuye y las paredes de las partes plegables 110 están dispuestas juntas, disminuyendo así el radio de curvatura del activador 100. Esta característica permite ventajosamente que los activadores de la invención actúen en varias direcciones según sea necesario para múltiples aplicaciones.

15 **[0030]** En algunas formas de realización, como la que se muestra en la Fig. 7A-B, el activador 100 comprende una cavidad 170 que contiene material granular 171 que es blando y/o flexible en presiones ambientales, pero que se vuelve rígido al aplicar vacío a través de la interferencia de vacío. En una forma de realización preferida de la invención, se define una cavidad 110 por y/o parte de la parte no plegable 120 del activador 100. En uso, el activador 100 se ha presurizado o despresurizado para inducir una curvatura deseada dentro del activador 100. Se aplica entonces un vacío a la cavidad 170, haciendo que el material granular 171 se haga más rígido y sujete la forma. Esta disposición permite que el activador 100 mantenga su forma doblada incluso cuando la presión dentro del activador 100 vuelve a presión ambiente.

20 **[0031]** En ciertas formas de realización, como la que se muestra en la Fig. 8A-B, los activadores 100 de la invención definen uno o varios canales de trabajo 180, que está abierto a un exterior del activador 100 y el cual se extiende a través de, al menos, parte de la longitud 100 del activador 100 para permitir la introducción o evacuación de materiales a través del activador 100. En varias formas de realización, los canales de trabajo 180 se utilizan para proporcionar irrigación o succión en un lugar cerca del extremo distal 160 del activador 100, o se utilizan para permitir el uso de iluminación espectroscópica, de imágenes, de fibra óptica, electrodos, fuentes de láser, sondas de ultrasonido, etc. a través del activador 100. Mientras que los ejemplos expuestos en esta especificación se centran en los canales de trabajo que definen una única luz que se extiende desde el extremo próximo del activador hacia el extremo distal, los expertos en la técnica entenderán que se puede utilizar cualquier número de luces y cualquier número de aberturas próximas o distales, dependiendo de la aplicación específica para la que se vaya a utilizar el activador. Por ejemplo, un activador puede comprender un canal de trabajo con múltiples puntos de salida cerca del extremo distal del activador para proporcionar irrigación.

25 **[0032]** Además de o en lugar de un canal de trabajo 180, los activadores pueden incorporar otras características que facilitan la manipulación o intervención. Estas características están generalmente, pero no necesariamente, posicionadas en el extremo distal 160 del activador 100 y/o adyacentes al canal de trabajo 180. La FIG. 9A, por ejemplo, muestra una sección transversal de un activador 100, el cual incluye una copa de succión 181 dispuesta en el extremo del canal de trabajo 180 para permitir que el extremo distal 160 del activador 100 sujete objetos mediante la aplicación de presión negativa a través del canal de trabajo 180. La FIG. 9B-E muestra otras herramientas 190 que está colocadas en la parte distal 160 del activador en varias formas de realización, que incluyen un gancho 191, un instrumento de corte como un cuchillo 192, una aguja 193, etc.

30 **[0033]** El activador 100 incluye uno o varios cables para el suministro de corriente monopolar y/o bipolar para electrocirugía, y/o para proporcionar corriente y potencial a los dispositivos integrados, como los sensores. Según la invención, se puede utilizar cualquier sensor que mida una variable de interés con un activador. Las variables que pueden medirse por tales sensores incluyen, sin ninguna limitación, temperatura, conductividad, pH, oxígeno, presión o la concentración de una o varias de glucosa, creatinina, urea, dióxido de carbono, hemoglobina, recuentos de microbios o virus, etc. El cable o conjunto de cables se pueden incorporar en una pared del activador 100 (p. ej., la pared de la parte no plegable 120), situada en un canal de trabajo 160, o que se extienda por el interior del activador 100. En los casos donde el cable o conjunto de cables están integrados en la pared de una parte no plegable 120, el cable o los cables pueden ser rectos o pueden tener una forma que se adapte a la extensión, retracción y/o curvatura del activador 100, por ejemplo, en espiral, en zigzag, en sinusoides, en cuadrícula, en malla, etc.

5 **[0034]** En algunas formas de realización, como se muestra en la Fig. 1 1, un material de amortiguación 101, como silicona o espuma de uretano, se ha incorporado en el cuerpo del activador 100 o está sujeto al activador 100 para disminuir la oscilación del activador durante y/o después de la activación o después de contacto con otro objeto. La cantidad del material y las propiedades mecánicas del mismo se eligen generalmente para conseguir un nivel deseado de amortiguación sin aumentar la resistencia a la activación a un grado no deseado.

10 **[0035]** Según el dispositivo, los activadores se pueden combinar para formar estructuras activables de gran escala, como los activadores multidireccionales 200 mostrados en la Fig. 12. Como ejemplo, la figura muestra tres activadores 205, 210, 215, cada uno de ellos incluyendo una parte plegable y una parte no plegable como las descritas anteriormente. Los activadores están colocados en una disposición más o menos triangular o circular, cuando se observan desde arriba, en los que las partes no plegables de cada uno de los activadores 205, 210, 215 están estrechamente opuestas y orientadas hacia el interior mientras que las partes plegables están orientadas hacia el exterior. Presurizando o despresurizando un único activador, el activador multidireccional 200 sufre un desplazamiento simple en una dirección esencialmente. Sin embargo, al presurizar o despresurizar dos o más de los activadores 205, 210, 215 conjuntamente, se hacen posibles movimientos complejos y/o aplicaciones de fuerza. En el ejemplo presentado anteriormente y en la FIG. 12, los activadores son idénticos y están dispuestos de manera que se opongan el uno al otro, al menos en parte. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que los activadores utilizados en ensamblajes de la invención pueden ser diferentes, y no necesariamente necesitan estar dispuestos en oposición el uno con el otro, dependiendo del tipo de activación deseada.

20 **[0036]** Múltiples activadores también pueden combinarse para formar elementos de agarre, como se muestra en la FIG. 13A-B. Como se muestra, el elemento de agarre 300 incorpora tres activadores separados 305, 310, 315, a pesar de que en otras formas de realización se puede utilizar cualquier número deseado de activadores, incluyendo dos, tres, cuatro, cinco, seis, etc. Estos activadores están dispuestos de forma sustancialmente triangular o circular, de manera que sus extremos distales respectivos 306, 311, 316 definen un área que disminuye a medida que se activan los activadores (ya sea presurizando o despresurizando, dependiendo de la orientación de los activadores), permitiendo así que el elemento de agarre 300 «agarre» un objeto utilizando los activadores 305, 310, 315, como «dedos».

30 **[0037]** Los principios de la invención se pueden usar para generar activadores individuales que sean capaces de realizar movimientos de activación complejos, como se muestra en la FIG 14A-B. Según una forma de realización, un activador ejemplar 400 incorpora dos grupos de celdas unitarias, indicadas y B en la figura, con distintas alturas, distancias o grosores de pared. Estos dos grupos de celdas unitarias exponen distintas sensibilidades de presión y forman segmentos separados que se doblan en proporciones diferentes. En el ejemplo que se muestra en la Fig. 14, cada unidad B tiene una altura más inferior que la unidad adyacente A, de manera que el activador se presuriza, su activación es similar a la acción de un dedo en el que los segmentos B actúan como juntas mientras que los segmentos A permanecen rectos.

35 **[0038]** Las FIGS. 15 y 16 representan un instrumento quirúrgico 500 que utiliza una pluralidad de activadores de «dedos» según la invención. El instrumento 500 incluye un elemento alargado 510 que tiene una parte distal insertable en un paciente. El elemento alargado 510 es preferiblemente un catéter, cánula u otra estructura que tiene una columna lo suficientemente sólida como para permitir la inserción dentro de un cuerpo que tiene al menos una luz (no se muestra) para suministrar activación neumática o hidráulica a una pluralidad de activadores 520, 530, dispuestos en un extremo distal del cuerpo alargado 510. En formas de realización preferidas, el elemento alargado 510 comprende una luz separada para cada activador, permitiendo así el accionamiento independiente de cada activador. Los activadores 520, 530 están preferentemente conformados para formar una unión en «Y» con la parte distal del elemento alargado 510 y opcionalmente incluye un elemento de muelle 540 dispuesto en o cerca de la junta Y para instar a los actuadores 520, 530 a separarse en sus extremos proximales. Los activadores pueden incorporar cualquiera de las características estructurales descritas anteriormente, y son uniformes (formados por celdas unitarias idénticas) o variados, por ejemplo, para incorporar una «junta» que comprende una o más celdas unitarias con una sensibilidad de presión más alta que la de las celdas unitarias que conforman el activador. En su extremo proximal, el elemento alargado 510 es conectable a una fuente de presión (no se muestra) y, opcionalmente, incluye un conector conocido en la técnica, como un conector luer macho o hembra roscados.

50 **[0039]** Para facilitar la inserción de la parte distal del instrumento quirúrgico 500, incluyendo los activadores 520, 530, en el cuerpo de un paciente, y protegerlos de interferencias mecánicas no deseadas, el instrumento 500 incluye, opcionalmente, uno o varios elementos de cierre 550. La FIG 15 representa una forma de realización en la que el medio de cierre es una cápsula 551, que puede, al menos parcialmente, envolver los activadores 520, 530 durante la inserción del instrumento 500 en el cuerpo de un paciente. La capsula 551 es extraíble en algunas formas de realización, ya sea mediante medios mecánicos, como una bisagra o muelle, o a través de disolución o erosión. En otras formas de realización, como en la que se muestra en la FIG. 15, la cápsula es retráctil y es capaz de estar cerrada después de retraerse para exponer los activadores 520, 530. En otras formas de realización, los activadores 520, 530 están inicialmente contenidos en un recubrimiento retráctil (no se muestra), que puede retirarse de los activadores 520, 530 para utilizarlos.

- 5 [0040] En uso, el extremo distal de un instrumento 500, según la invención, se coloca en el cuerpo de un paciente utilizando cualquier vía adecuada, incluyendo, sin limitación, de forma percutánea (p. ej., a través de un trocar 560), endoscópica o laparoscópica. Una vez en su sitio, el elemento de cierre 550 se retira, se abre o manipula de otra manera para exponer los activadores 520, 530 en el extremo distal del instrumento previamente a su uso en un procedimiento médico. Los instrumentos, según la invención, están particularmente bien adaptados para la manipulación de tejidos blandos, como el tejido del intestino, o para utilizarlos en espacios reducidos donde los instrumentos rígidos podrían pellizcar, golpear o aplicar una fuerza no deseada a los tejidos y órganos adyacentes a sitio quirúrgico de interés.
- 10 [0041] Los activadores 520, 530 son, opcionalmente, capaces de plegarse en una configuración que ahorra espacio para insertarse en un cuerpo. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 16, las partes plegables de los activadores 520, 530 pueden interdigitarse antes y durante el suministro para reducir su perfil y facilitar la inserción en el cuerpo. También se puede utilizar una pinza extraíble 570 para limitar los activadores 520, 530 durante la inserción.
- 15 [0042] Por el bien de la simplicidad, los ejemplos presentados anteriormente se han centrado en formas de realización que incorporan partes plegables y no plegables, pero ciertos activadores, según las formas de realización de la invención, incorporan primeras y segundas partes extensibles con capacidad de respuesta de presión variada opuestas entre sí. El uso de dos primeras y segundas partes plegables opuestas entre sí puede, por ejemplo, dar lugar tanto a la extensión como a la flexión. Además, las formas de realización anteriores se han centrado generalmente en disposiciones lineales de las partes plegables y no plegables, pero las disposiciones no lineales también pueden utilizarse para dar lugar a movimientos complejos de activación. Por ejemplo, un activador alargado en el que las partes plegables y no plegables forman una disposición de espiral se activaran para formar una estructura helicoidal.
- 20 [0043] Además, los ejemplos anteriores se han centrado en partes plegables con geometrías más o menos sinusoidales, pero debería apreciarse que cualquier geometría que incorpore la alternancia de «picos» y «valles» puede ser la adecuada para utilizarse con varias formas de realización de la invención.
- 25 [0044] Finalmente, esta especificación se ha centrado en activadores que incorporan «cuerpos alargados flexibles», pero los expertos en la técnica apreciarán que los activadores comprenden opcional o preferiblemente, dependiendo de la aplicación, materiales que no solamente son flexibles (capaces de doblarse o deformarse al aplicar una fuerza) sino también elásticos (capaces de doblarse o deformarse bajo una fuerza y volver así forma original al retirar la fuerza), flexibles o elastoméricos.
- 30 [0045] Como se utiliza en el presente documento, un elemento o paso recitado en singular y precedido de la palabra «un» o «una» debería entenderse que no excluye los elementos o pasos plurales, a menos que dicha exclusión se exponga explícitamente. Además, las referencias a «una forma de realización» de la presente invención no deben interpretarse como que excluyen la existencia de formas de realización adicionales que también incorporan las características citadas.
- 35 [0046] Mientras que la presente invención se ha descrito en relación con ciertas formas de realización, son posibles varias de las modificaciones, alteraciones y cambios de las formas de realización descritas sin salirse del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, se pretende que la presente invención no se limite a las formas de realización descritas, sino que tenga todo el alcance definido por el lenguaje de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un activador robótico blando (100), que comprende:

5 un cuerpo alargado flexible o elástico que presenta una primera parte de pared (120) que presenta un primer perfil y una segunda parte de pared (110) dispuesta en frente de la primera parte de pared, la segunda parte de pared presentando un perfil variable que se repite de tal manera que una altura interna del cuerpo alargado flexible o elástico varía en su longitud, donde

(a) el cuerpo alargado flexible o elástico define un vacío sellado que puede ser presurizado o despresurizado en relación con el entorno en las proximidades del activador, y

10 (b) la presurización o despresurización del cuerpo alargado flexible o elástico provoca la flexión de al menos una parte del cuerpo alargado flexible o elástico;

caracterizado por que el activador presenta generalmente un perfil de activación lineal desde cerca de cero hasta 103.5 kPa (15 PSI).

2. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 1, donde el perfil variable de la segunda parte de pared (110) **se caracteriza por** una altura máxima y una altura mínima en relación con la primera parte de pared (120), y, al menos, una de las alturas máxima y mínima se selecciona para hacer que el activador se curve según un índice predeterminado en respuesta a una modificación de una presión interna del cuerpo alargado flexible o elástico.

3. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 1, donde el perfil variable **se caracteriza por** una distancia (b) seleccionada para hacer que el activador se curve según un índice predeterminado en respuesta a una modificación de una presión interna del cuerpo alargado flexible o elástico.

4. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 1, donde el cuerpo alargado flexible o elástico **se caracteriza por** un grosor de pared que se selecciona para hacer que el activador se curve según un índice predeterminado en respuesta a una modificación de una presión interna del cuerpo alargado flexible o elástico.

5. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 1, donde el cuerpo alargado flexible o elástico presenta una extremidad proximal (150) y una extremidad distal (160), y define una luz (180) que se extiende entre ellas, la luz estando de manera permanente o reversible abierta a un exterior del activador en la extremidad distal, y estando configurada para conectarse a, al menos, uno de entre una fuente de presión o vacío, una fuente de fluido, o un dispositivo médico que presenta una parte alargada capaz de extenderse a través de la luz (180).

6. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 5, que comprende además una o varias copas de succión (181) dispuestas alrededor de una abertura de la luz en la parte distal del cuerpo alargado flexible o elástico.

7. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 1, que comprende además una cámara (170) que contiene un material granular (171) y configurada para conectarse a una fuente de vacío, donde la cámara se vuelve rígida en respuesta a la aplicación de un vacío en el interior de la cámara.

8. Activador robótico blando (100) según la reivindicación 1, que comprende además un instrumento quirúrgico dispuesto sobre una parte distal del cuerpo alargado flexible o elástico.

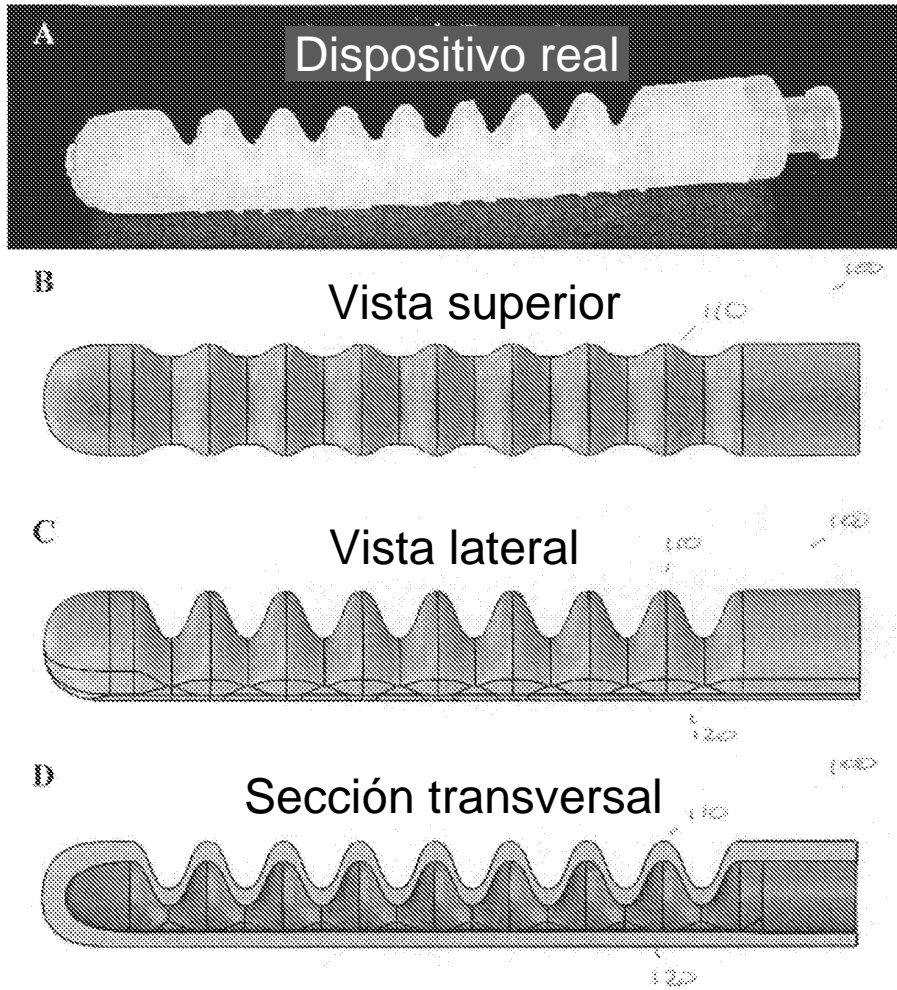
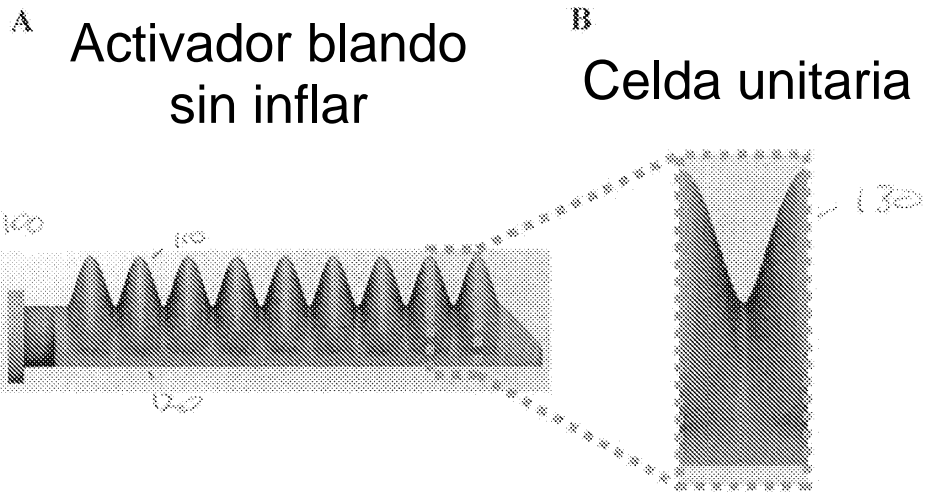


FIG. 1A-D



Activador blando inflado

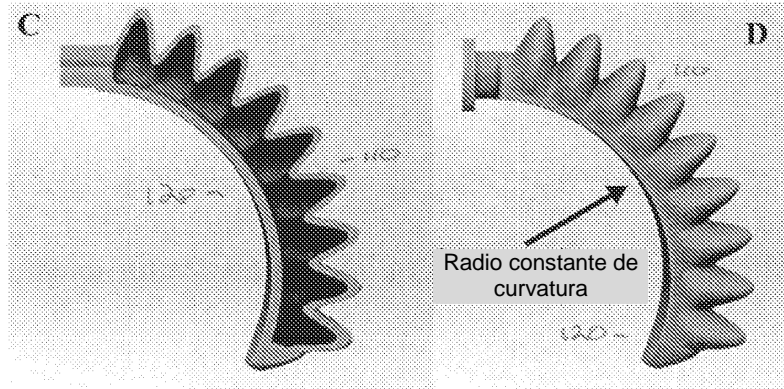


FIG. 2A-D

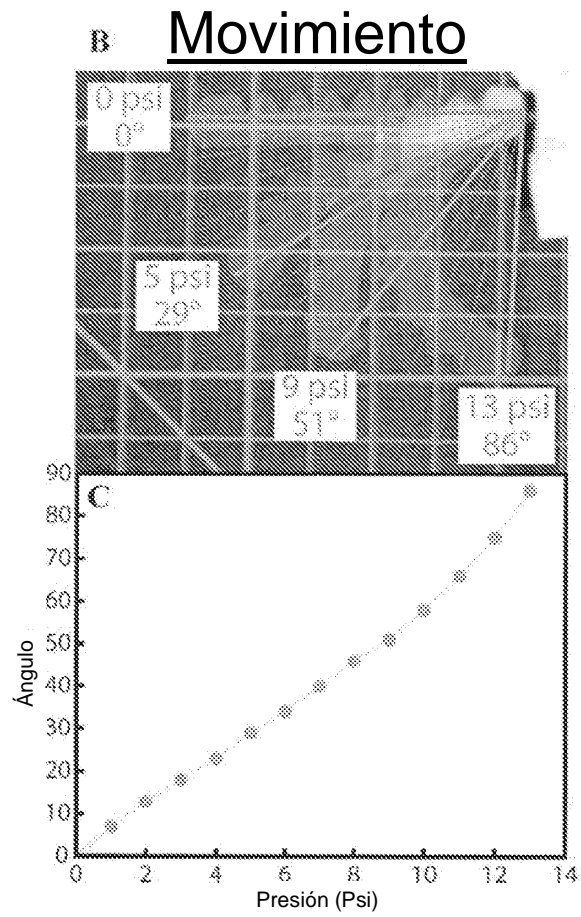
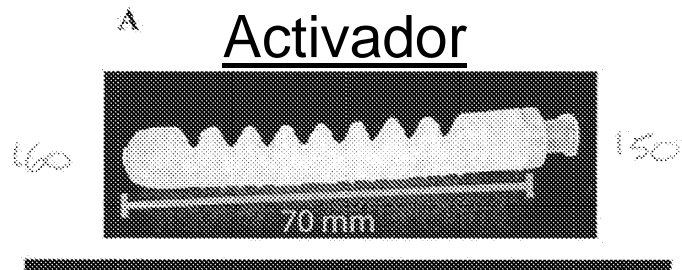


FIG. 3A-C

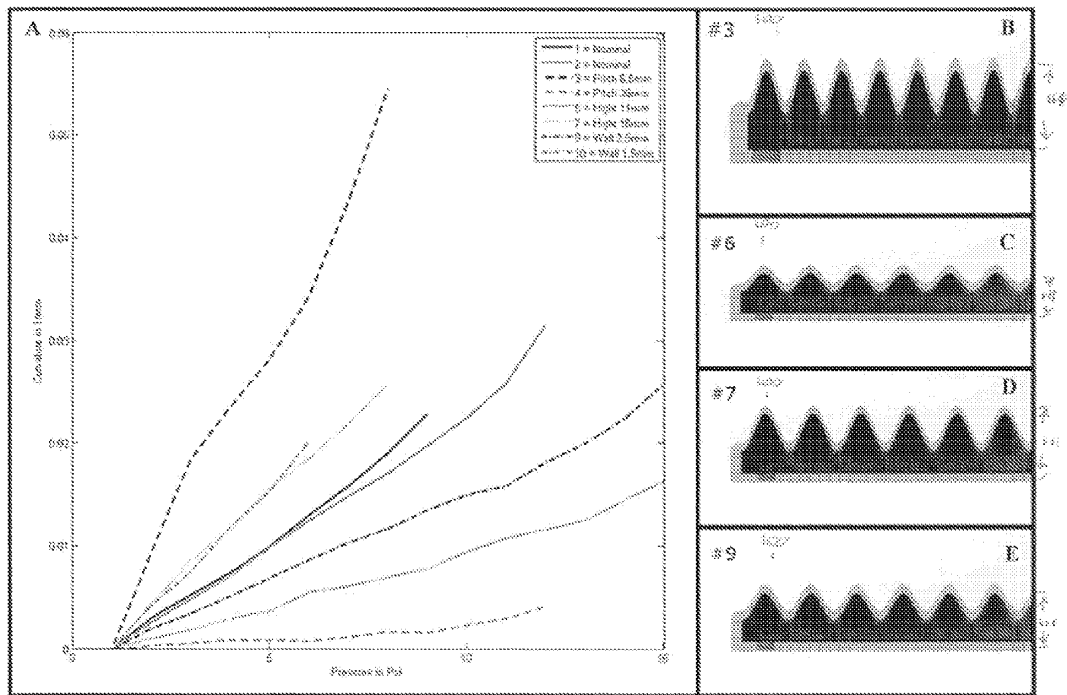
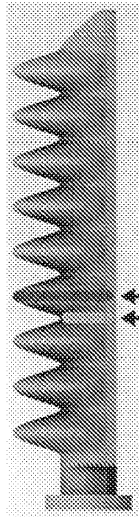
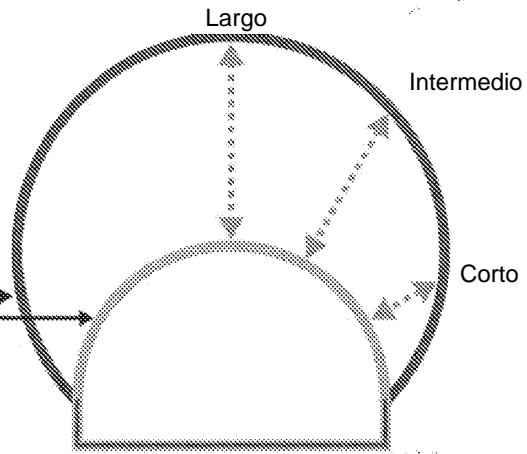


FIG 4A-E

A Activador blando

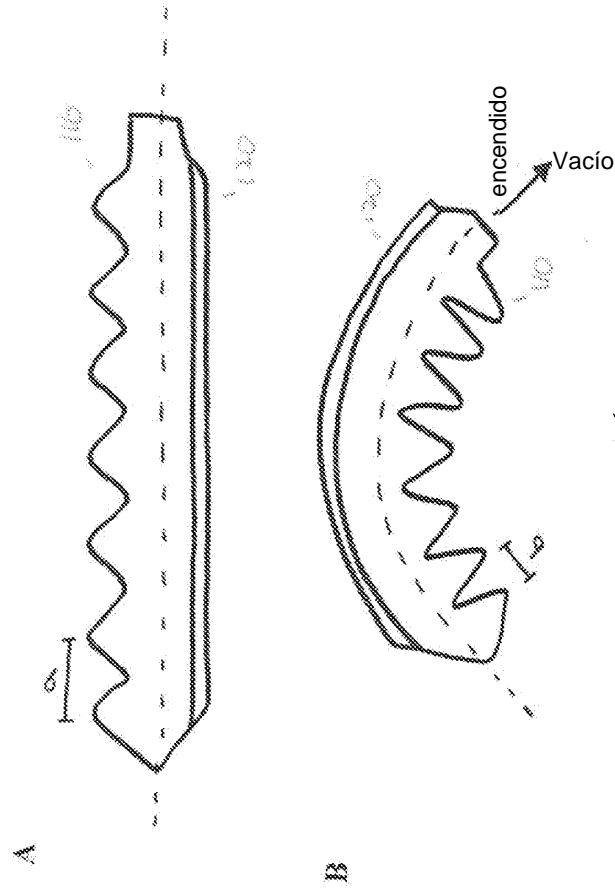


B Perfil de estructura



Distancia larga: mayor grado de pliegue y menor grado de tensión del material
Distancia intermedia: grado intermedio de pliegue y de tensión del material
Distancia corta: menor grado de pliegue y mayor grado de tensión del material

FIG. 5A-B



FIGS. 6A-B

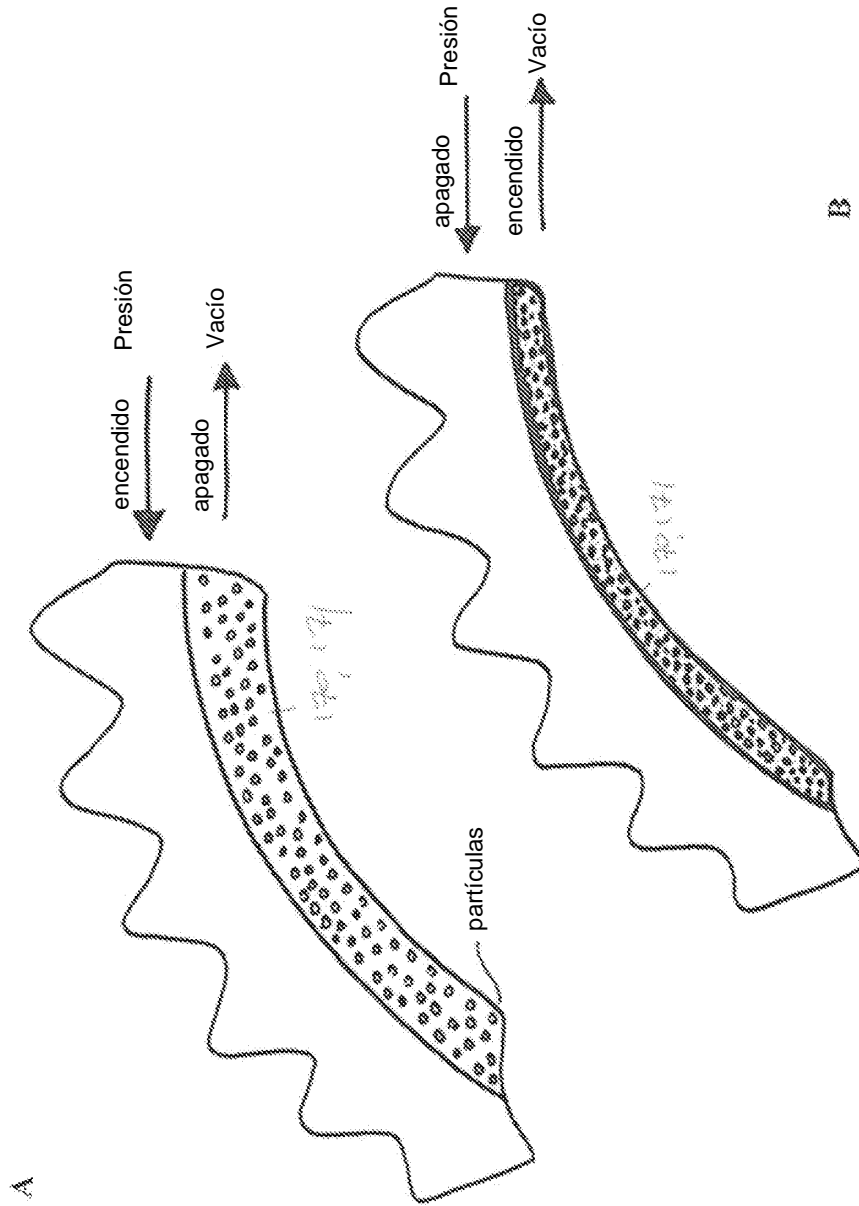


FIG. 7A-B

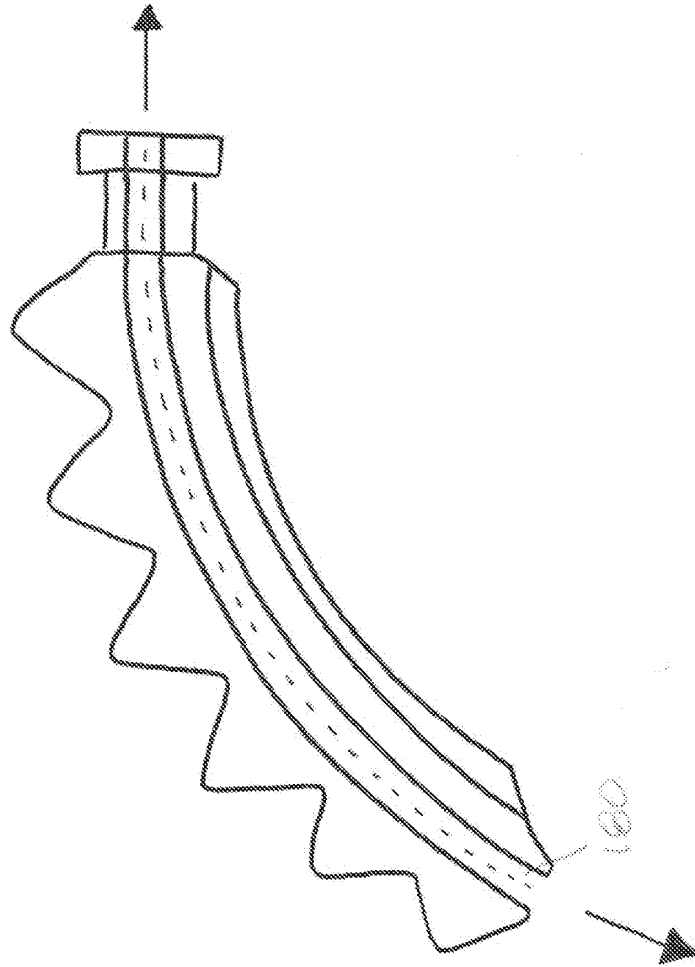


FIG. 8

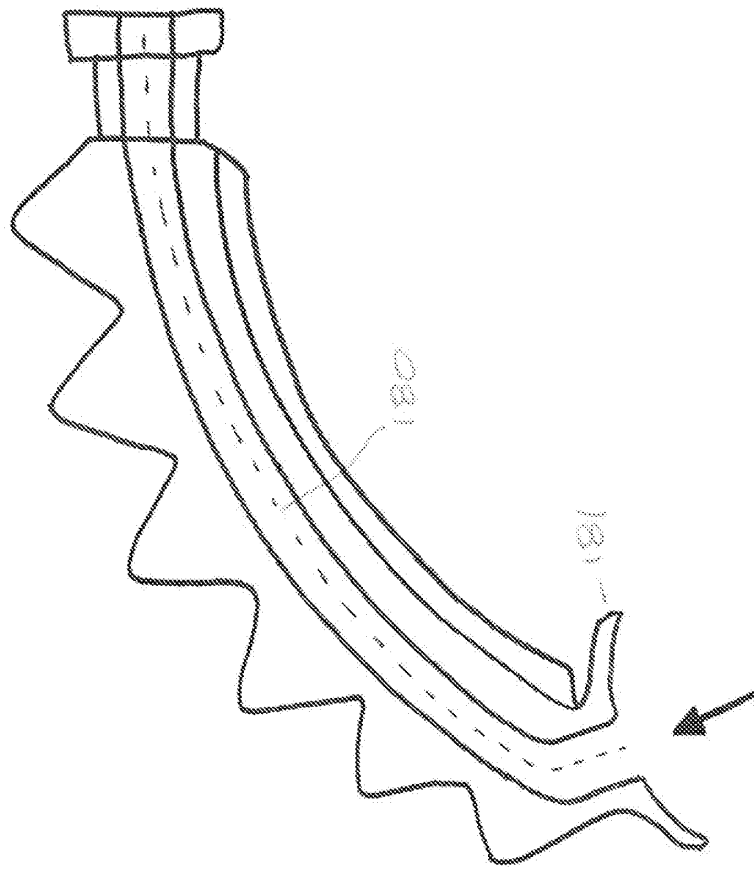
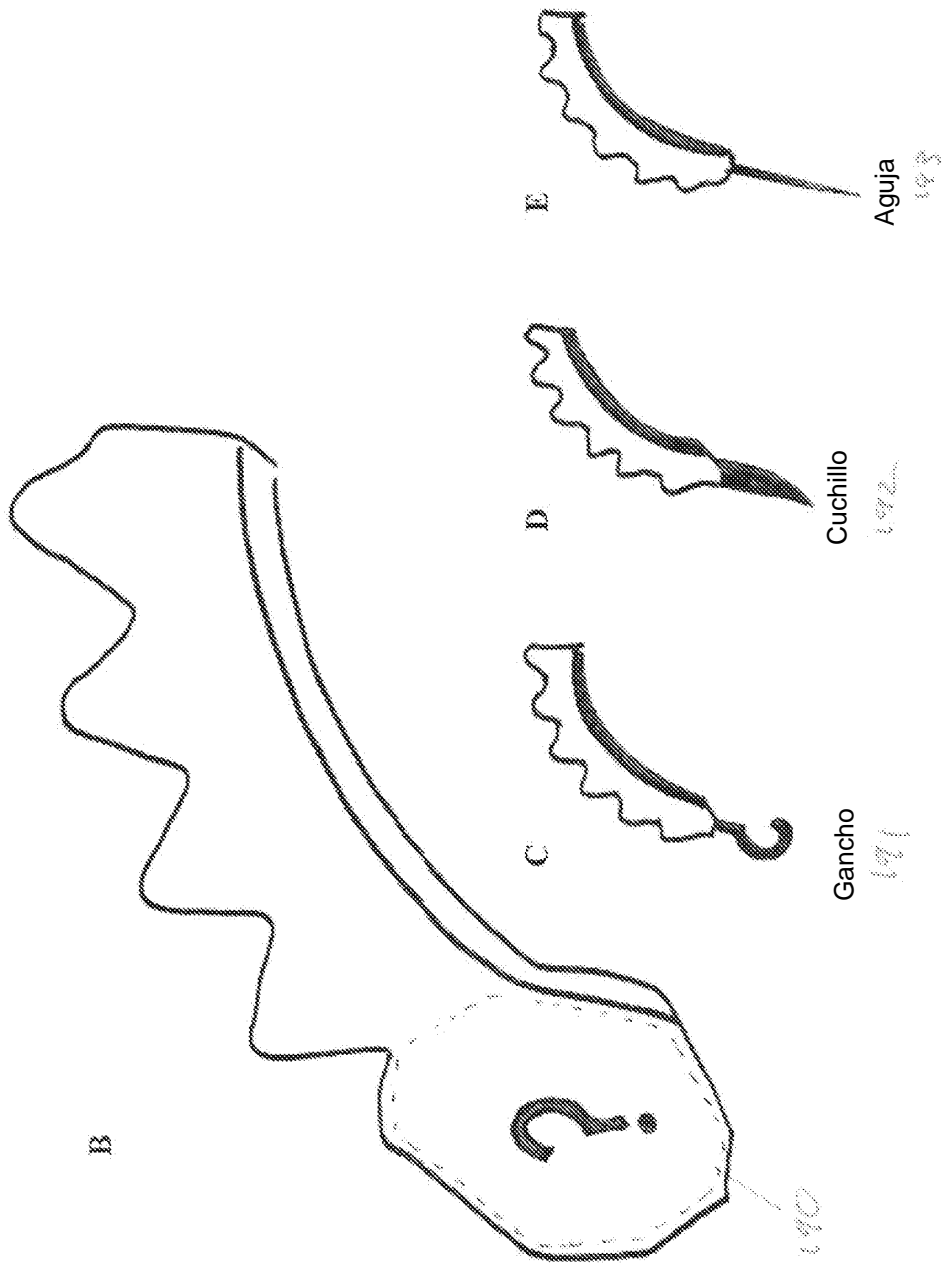


FIG. 9A



FIGS. 9B-E

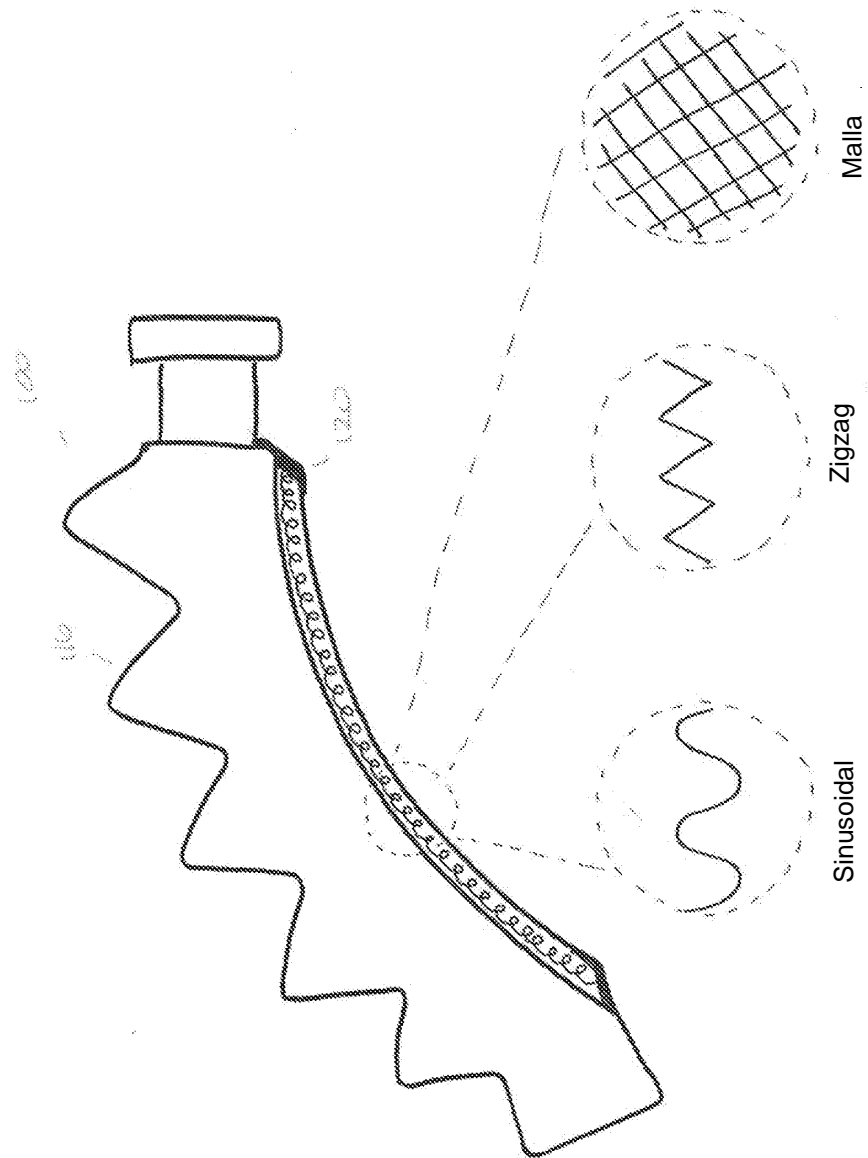


FIG. 10

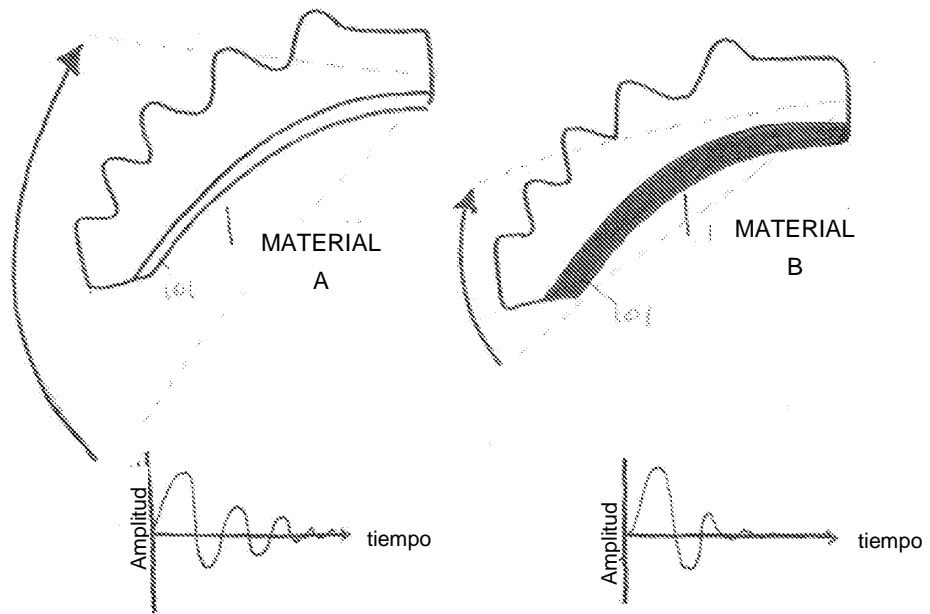


FIG. 11

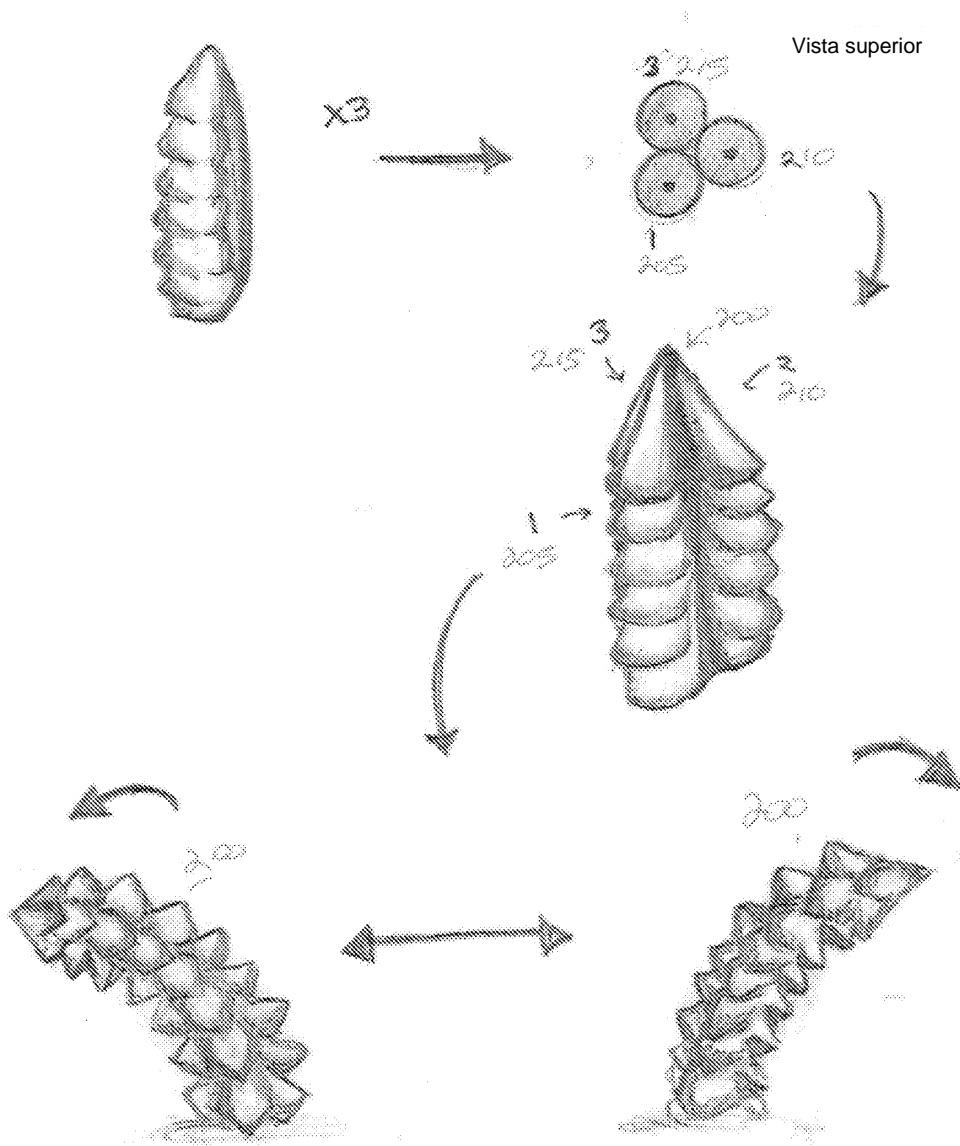


FIG. 12

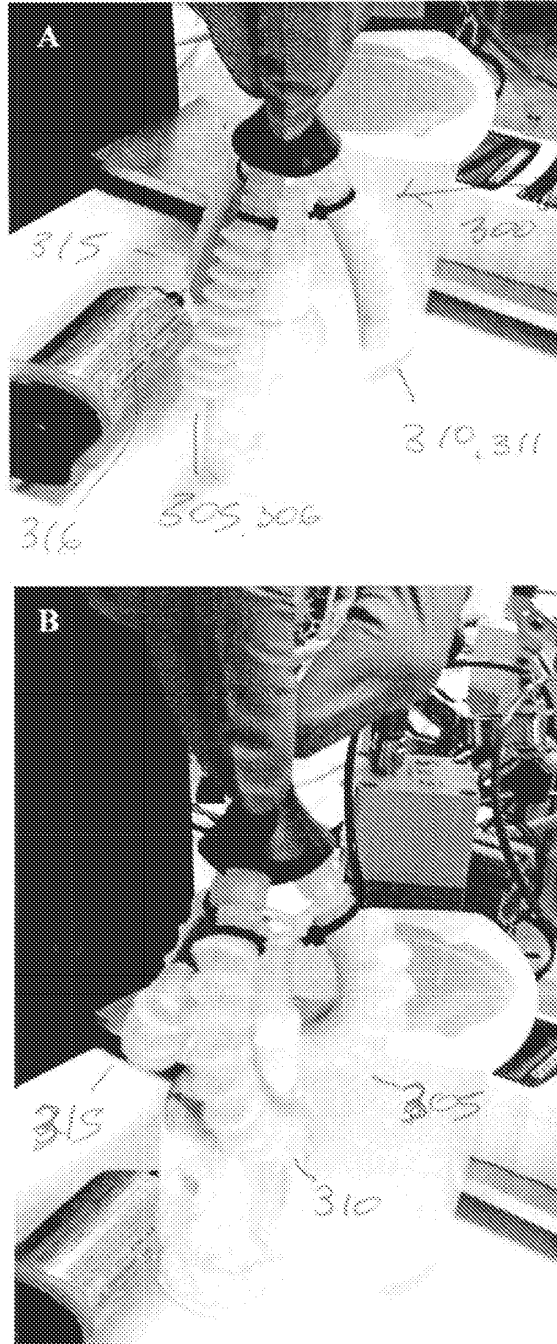


FIG. 13A-B

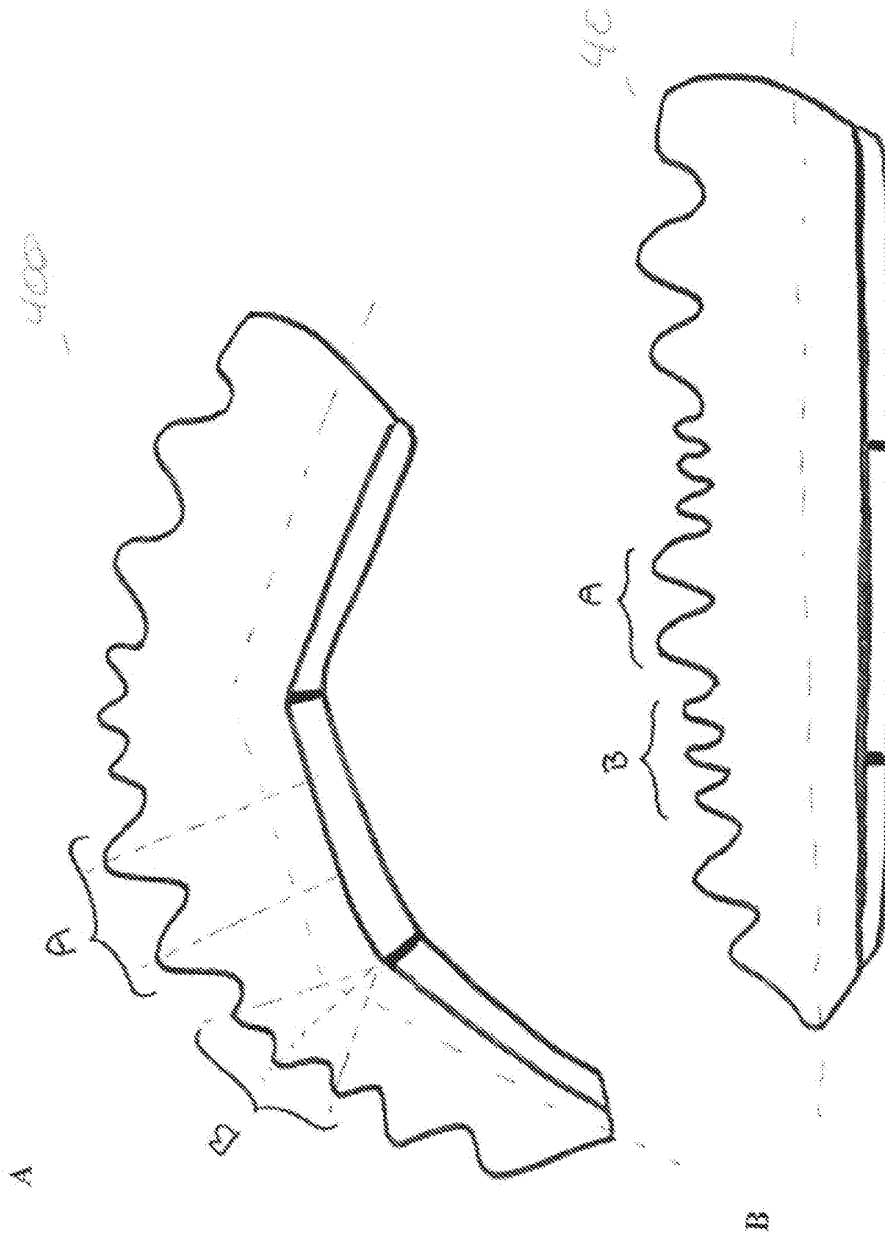


FIG. 14A-B

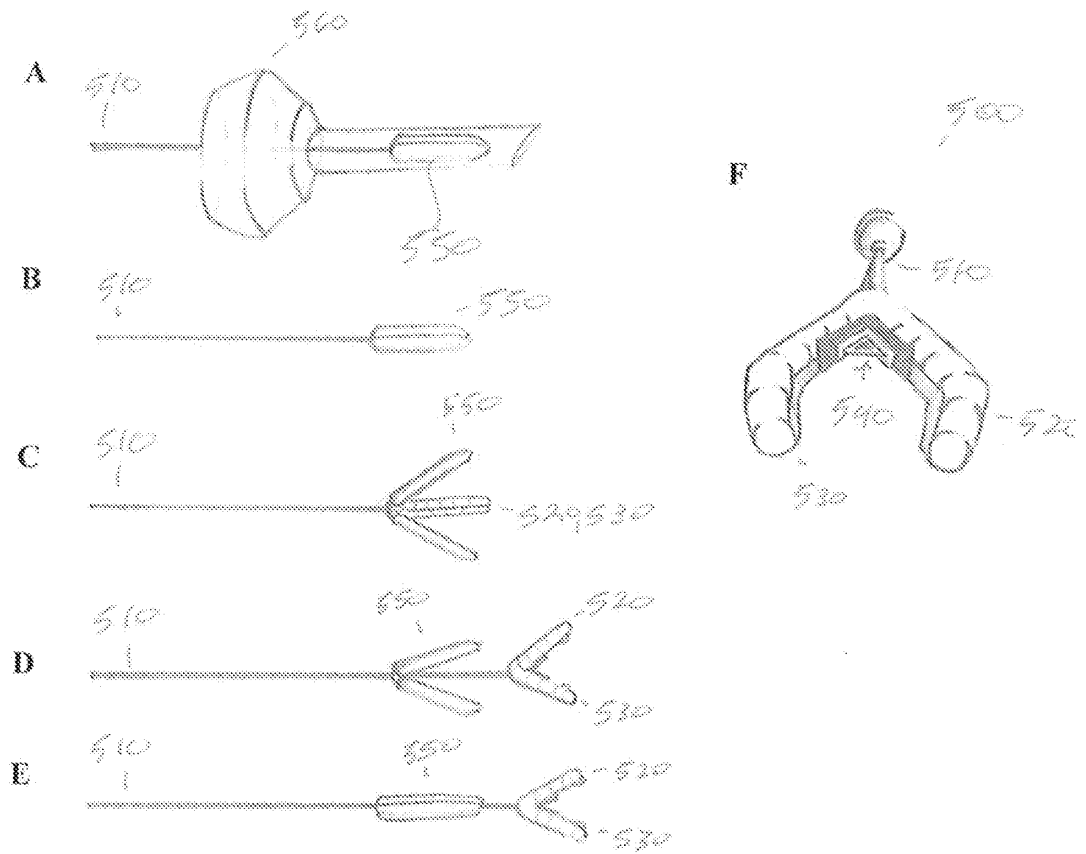


FIG. 15A-F

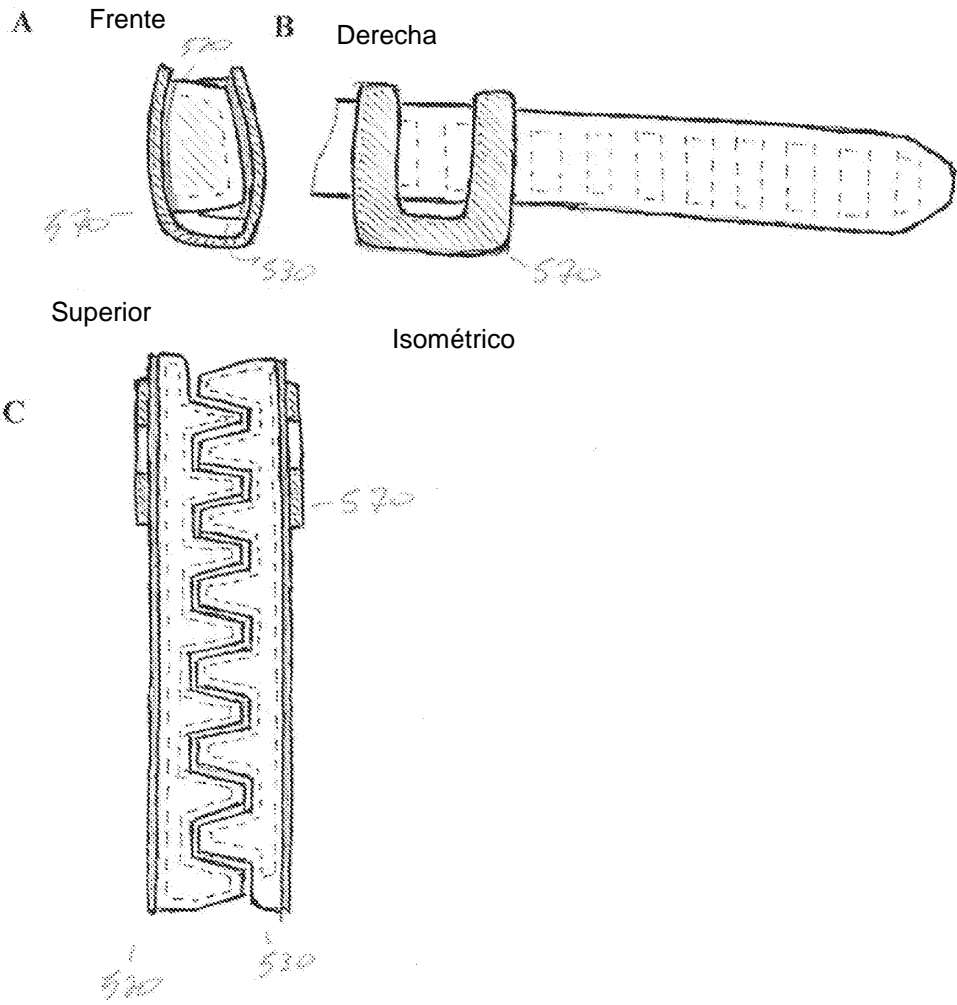


FIG. 16A-C