

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 497**

51 Int. Cl.:  
**A61B 5/07** (2006.01)  
**A61B 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05702514 .0**  
96 Fecha de presentación: **17.02.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1715789**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.11.2006**

54 Título: **Cápsula endoscópica teleoperada equipada con un sistema locomotor activo**

30 Prioridad:  
**17.02.2004 IT PI20040008**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.09.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.09.2012**

73 Titular/es:  
**KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND  
TECHNOLOGY  
39-1, HAWOLGOK-DONG, SEONGBUK-GU  
SEOUL 136-791, KR**

72 Inventor/es:  
**DARIO, Paolo;  
MENCIASSI, Arianna;  
STEFANINI, Cesare;  
GORINI, Samuele;  
PERNORIO, Giuseppe y  
ACCOTO, Dino**

74 Agente/Representante:  
**de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 387 497 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**

Cápsula endoscópica teleoperada equipada con un sistema locomotor activo.

**CAMPO DE LA INVENCIÓN**

5 La invención presente trata en general del área de dispositivos para uso endoscópico, y más específicamente trata de una cápsula endoscópica teleoperada capaz de moverse de manera autónoma en varias zonas del cuerpo humano y en particular en el tracto gastrointestinal, con un control activo de su locomoción.

**DESCRIPCION DEL ESTADO DE LA TECNICA**

10 En años recientes ha aumentado considerablemente el interés por dispositivos que permiten las investigaciones y los tratamientos endoscópicos que deben ser realizados autónomamente y de una manera mínimamente invasiva. Un sistema de visión e imagen autónomo con una transmisión de datos inalámbrica, integrado en una pequeña píldora, ha recibido recientemente la aprobación para la evaluación clínica en los Estados Unidos. El sistema comprende una cámara CMOS, un transmisor, diodos LED para la iluminación y una fuente de alimentación de baterías similares a las de los relojes. Véase por ejemplo el documento US 5604531. La principal limitación de este dispositivo consiste en la ausencia de control activo del movimiento: la cápsula avanza por el movimiento peristáltico normal y no se puede detener durante su viaje. Se conocen también soluciones semiautomáticas, basadas en un modelo de locomoción denominado de "lombriz", como por ejemplo el dispositivo endoscópico descrito en el documento WO02/68035. Estos sistemas tienen un potencial de control limitado de los parámetros de locomoción y no tienen posibilidad de modificar su velocidad. También tienen la desventaja de rozarse con su cuerpo a lo largo de las paredes de la cavidad del cuerpo en el que se mueven sin ser capaces de esquivar cualquier herida o zona patológica.

15 Se conocen también dispositivos endoscópicos que son operados desde el exterior por medio de campos de fuerza (por ejemplo campos magnéticos,) que requieren que el paciente lleve encima aparatos adecuados para la generación del campo de fuerza. Como referencia se cita por ejemplo el dispositivo conocido como Norika 3, producido por la firma japonesa RF System Lab. Sin embargo el uso de este dispositivo puede ser desagradable y peligroso, debido a la posibilidad de interferencias con otros dispositivos biomédicos que pudieran ser utilizados por el paciente. Además los dispositivos endoscópicos con operación externa de este tipo conllevan el riesgo de efectos secundarios, debido a la exposición prolongada a campos electromagnéticos.

20 El documento US 2.002/171385 A1 describe un dispositivo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

**OBJETO Y SUMARIO DE LA INVENCIÓN**

25 El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo para uso endoscópico capaz de movimiento y suministro de energía autónomos dentro de una cavidad del cuerpo, con la posibilidad de controlar su movimiento desde el exterior de manera que se permita la realización de procedimientos médicos, diagnósticos y terapéuticos, y en particular para transmitir imágenes de zonas de interés de la cavidad del cuerpo atravesada.

30 Otro objeto de la invención presente es proporcionar un dispositivo para uso endoscópico, del tipo mencionado más arriba, con unas dimensiones tales que sea capaz de ser tragado, y que sea adaptable al ambiente de locomoción, con la posibilidad de ser detenido, rotado, acelerado y desacelerado como se requiera como resultado de comandos tele-transmitidos desde el exterior.

35 Un objeto adicional de la invención presente es proporcionar un dispositivo para uso endoscópico del tipo mencionado anteriormente provisto de patas con varios grados de libertad, que se puedan extender radialmente desde el mismo, y que permiten la locomoción y la adaptación del mismo a las varias formas del área del cuerpo cubierta sin dañar el tejido con el que entran en contacto.

40 Además un objeto adicional de la invención presente es proporcionar un sistema para endoscopias dentro de una cavidad del cuerpo humano que permita a un operador controlar la locomoción de una cápsula endoscópica teleoperada equipada con sus propios medios de locomoción, tragada por un paciente, y la recepción de imágenes y datos adquiridos por la misma.

45 Estos objetos se consiguen con la cápsula endoscópica de acuerdo con la invención, cuyas características básicas se describen en la reivindicación 1. Se describen características importantes adicionales en las reivindicaciones dependientes.

50 De acuerdo con la invención, se provee una cápsula endoscópica teleoperada con propósitos diagnósticos y terapéuticos dentro de una cavidad del cuerpo humano, comprendiendo un cuerpo con una pluralidad de módulos de locomoción en su superficie, adecuada para moverse por el interior de la cavidad del cuerpo, una fuente de energía y un micro-controlador dentro de dicho cuerpo para accionar dichos módulos de locomoción en base a comandos teletransmitidos por un operador, una videocámara para capturar imágenes, controlada por el micro-controlador, y

un sistema transmisor / receptor para recibir los comandos teletransmitidos por el operador y para transmitir las imágenes adquiridas a través de la videocámara.

5 En una realización particularmente preferida de la invención, la cápsula está provista con patas capaces de extenderse radialmente desde su cuerpo y teniendo al menos dos grados de libertad, del que uno es activo, para permitir su movimiento desde una posición de reposo, más en particular situados a lo largo del cuerpo de la cápsula, hasta una posición extendida radialmente, y una pasiva para doblar las patas alrededor de una parte intermedia de las mismas para adaptarlas a las deformaciones del tejido sobre el que colisionan durante el movimiento de la cápsula.

10 Preferiblemente, para operar el movimiento de las patas se proveen medios actuadores que consisten en hilos de aleaciones con memoria de forma (SMA), que actúan de dos en dos sobre cada pata, en oposición uno con respecto al otro.

La cápsula está provista de patas con medios agarre, que consisten en particular en microganchos en sus extremos libres, para incrementar la fricción con el tejido resbaladizo y deformable.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

15 Características y ventajas adicionales de la cápsula endoscópica de acuerdo con la invención presente se aclararán mediante la descripción que sigue de una de sus realizaciones, facilitada a modo de ejemplo no limitativo, y mediante referencia a los dibujos que se acompañan en los que:

- la Figura 1 es una vista en perspectiva de una cápsula endoscópica de acuerdo con la invención;
- la Figura 2 es una vista de una sección axial agrandada de la cápsula endoscópica de la Figura 1;
- 20 • la Figura 3 es una vista en perspectiva de un módulo de locomoción de la cápsula endoscópica de la Figura 1;
- la Figura 4 es una vista en perspectiva lateral de una pata con la que está equipado el módulo de locomoción de la Figura 3;
- la Figura 5 es una variante de la pata de la Figura 4;
- 25 • la Figura 6 es un diagrama de bloques de la arquitectura mecánica y electrónica para la locomoción de la cápsula;
- la Figura 7 es un diagrama de bloques del sistema de control a bordo de la cápsula;
- la Figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra el sistema de actuación de las patas.

#### DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

30 En referencia a las Figuras 1 y 2, la cápsula endoscópica de acuerdo con la invención está formada por un cuerpo 1 sustancialmente cilíndrico, preferiblemente hecho de un material plástico biocompatible, que tiene un extremo frontal y un extremo posterior separados longitudinalmente, y que definen un cámara interna 2 para alojar una videocámara (no mostrada) para capturar imágenes, una fuente de alimentación eléctrica y las electrónicas de control, como se explicará más adelante. En los extremos del cuerpo 1 se fijan una tapas de cierre 3 y la tapa colocad en el extremo frontal tiene una abertura para el sistema óptico de la videocámara, para la administración de drogas y para el paso de instrumentos bio-ópticos o quirúrgicos.

A lo largo de la superficie lateral del cuerpo 1 están formadas unas ranuras axiales 4 separadas a distancias iguales (seis en la realización presente de la invención), adecuadas para alojar respectivamente los módulos de locomoción, denotados en general por 5, comprendiendo cada uno una pata 6 y una unidad de actuación 7.

40 Más en particular, en referencia también a la Figura 3, cada módulo de locomoción 5 comprende un soporte alargado 8, de un tamaño tal que sea posible alojarlo en una ranura 4 correspondiente, a lo largo de la cual está formado axialmente un canal 9. En un extremo del canal 9 está colocado transversalmente un pasador 10, y sobre el pasador 10 está acoplada una polea 11. La pata 6 se extiende radialmente desde la polea 11. En el otro extremo del canal 9 se colocan las poleas de transmisión 12, que giran libremente sobre un pasador transversal 13 integrado en el soporte 8, mientras que cerca de la polea 11 en el asiento 9 se proveen poleas de transmisión adicionales 14, que giran de igual manera sobre un pasador transversal 15 unido al soporte 8. En una realización posible de la invención la polea 11 está hecha de aluminio, mientras que los pasadores 12 y 14 son de un material no conductor, por ejemplo vidrio.

50 El módulo de locomoción 5 está colocado en el cuerpo 1 de tal manera que las patas 6 estén alternativamente en uno y en otro extremo, de manera que definitivamente, en la realización presente de la invención, la cápsula está provista de tres patas en un extremo y de tres patas en el otro, separadas en un ángulo de 120 ° y escalonadas 60 °.

En referencia a la Figura 4, cada pata 6 está formada por un elemento con forma de varilla en dos partes 6a y 6b conectadas por una parte de rodilla 6c con una flexibilidad aumentada. La parte 6a tiene en su extremo libre una unión 16 para una conexión a presión en un asiento especial 17 de la polea 11, y en un punto intermedio un hombro de retención 17a. La parte 6b tiene un extremo sustancialmente circular 18 y una pluralidad de microganchos 19, girados en la misma dirección y que se extienden radialmente desde los mismos.

En la realización preferida actual de la invención, la pata 6 está hecha de SMA (Aleación con Memoria de Forma) en una fase superelástica a temperatura ambiente. De esta manera es posible explotar la elasticidad relativamente alta del metal, que permite una deformación de hasta un 8 %, mucho mayor que la de un metal normal, junto con su resistencia mecánica y biocompatibilidad. De esta manera también es posible hacer la pata 6 a través de un proceso de electro-erosión a partir de una placa pequeña de esta aleación metálica.

La pata 6 por lo tanto tiene dos grados de libertad, de los que uno es activo alrededor de la polea 11, para el movimiento de la pata en la dirección longitudinal, y uno pasivo alrededor de la parte de la rodilla 6c para adaptarla pata a la deformación del tejido sobre el que contacta.

La unidad actuadora 7 permite movimientos angulares de la pata 6 de una extensión controlable entre una posición de reposo, en la que la pata 6 se extiende longitudinalmente en el asiento 9 del soporte 8, y una posición de extensión radial máxima separada un ángulo de 120 ° en relación con la posición de reposo. La unidad de actuación 7, mostrada en particular en las Figuras 2 y 4, está formada, para cada pata 6, por un par de hilos 20 y 21 en SMA con un extremo unido a la polea 11 en puntos opuestos diametralmente, mientras que el otro extremo está conectado a la fuente de alimentación a través de contactos, no mostrados, provistos en una placa de contactos 22 situada en un extremo del soporte 8, siendo los hilos 20 y 21 acoplados a la placa de contacto 22 por medio de clavijas 23. Los hilos 20 y 21 tienen dos transmisiones y ruedas de transmisión 12 y 14 al objeto de maximizar la contracción del metal. Se debe notar que en la Figura 2, para cada uno de los dos módulos de locomoción 5 mostrados en sección, solamente se ha dibujado uno de los dos hilos 20 y 21 en SMA provistos, para mayor claridad de la ilustración.

Los dos hilos 20 y 21 actúan en oposición. La rotación de la polea, y por lo tanto de la pata 6, está producida por la actuación alternativa de uno de los dos hilos. La actuación de consigue haciendo pasar corriente por un hilo y haciendo que se caliente hasta la temperatura de transición que varía de acuerdo con la SMA elegida. Una vez que ha alcanzado la temperatura de transición el hilo de contrae rápidamente, haciendo girar la polea, al mismo tiempo que el hilo frío se deforma por la acción del hilo caliente.

La pata 6 tiene, en la parte de la rodilla 6c, dos apéndices opuestos 25 que limitan a unos pocos grados la rotación de la pata 6 en la dirección de su elongación, mientras que en el lado opuesto de la pata 6 un par de apéndices adicionales 26 pueden estar provistos, adecuados para presionar uno sobre el otro tras una rotación relativa, extensa, de la parte 6b en relación con la parte 6a. El par de apéndices 26 limitan por lo tanto la extensión del doblado al que puede ser sometida la pata 6 de manera que se previene la posibilidad de daño.

En la realización de la Figura 5, la pata 6 está formada por un elemento con forma de varilla a lo largo del cual se proveen una pluralidad de juntas flexibles 6c para mejorar su adaptabilidad a las condiciones variadas que encontrará a lo largo de su recorrido. La pata 6 de acuerdo con esta realización tiene también una pluralidad de microganchos 19 presentes no solamente a lo largo del borde de su extremo libre 18, sino también a lo largo de la totalidad del borde de la pata 6 de manera que se cree una fricción direccional a lo largo de toda la pata y no solamente en su extremo libre.

La cápsula endoscópica de acuerdo con la invención es capaz de moverse, girar y detenerse dentro de una cavidad del cuerpo, como por ejemplo el tracto gastrointestinal (GI) como resultado de los comandos teletransmitidos por un operador externo. La cápsula se mueve hacia adelante actuando de una manera sincronizada sobre las patas 6 cuyos extremos libres hacen fuerza contra las paredes que delimitan la cavidad del cuerpo. Esta acción de fuerza está regulada por la posibilidad de la pata de deformarse por su parte de la rodilla 6c, reduciendo el riesgo de dañar el tejido. Los microganchos 19 provistos en el extremo libre de las patas 6 incrementan la fricción entre el extremo de la pata y el tejido, una fricción que será muy baja de otra manera debido a la naturaleza resbaladiza y deformable de las paredes del tejido involucradas. Los microganchos están girados hacia atrás en relación con el movimiento hacia adelante, esto es hacia el extremo posterior del cuerpo 1, al objeto de tener un coeficiente de fricción diferente en la interfase requerida para la propulsión de la cápsula.

La Figura 6 ilustra a arquitectura mecánica y electrónica de conjunto del sistema de control de la locomoción de la cápsula endoscópica de acuerdo con la invención. Básicamente este sistema está compuesto de un sistema de cápsula, denotado por C, y un sistema de control externo, identificado por el bloque CONTROL EXTERIOR, que forma la interfase con el operador, que transmite los comandos a la cápsula a través de este bloque vía una señal de radio. El operador selecciona los comandos, como por ejemplo avanzar, detenerse, girar, retroceder, y estos comandos, una vez transmitidos a la cápsula son interpretados por el microcontrolador interno como operaciones de un nivel inferior para activar la secuencia de actuación necesaria para generar el comando requerido.

Para el accionamiento de las patas 6 se provee un microcontrolador ( $\mu$ P), alojado en el cuerpo 1 de la cápsula para generar un tren de pulsos de acuerdo con la técnica de Modulación de Ancho de Pulso (PWM). Como se muestra en a Figura 7, el microcontrolador envía las señales de actuación a los controladores de los actuadores de las patas 6, cuyo ángulo de apertura está monitorizado a través de sensores adecuados que permiten también que se lleve a cabo un control de ciclo cerrado. El microcontrolador procesa también las señales del sistema de visión y se provee un sistema de transmisión de datos bidireccional (bloque TRANSMISOR / RECEPTOR).

El sistema de transmisión de datos se basa en la transmisión en radiofrecuencia (RF) y utiliza sistemas comerciales. La banda de transmisión utilizada puede ser aquella que opera en el campo de VHF o UHF, por ejemplo podría ser usada a una frecuencia de 433 MHz. Entre los componentes comerciales que pueden ser utilizados, se debe mencionar los de Microchip, Cypress Microsystem, Chipcon AS, SmartRF y otros.

El sistema de la cápsula permanece en un estado de reposo hasta que se recibe un comando desde el controlador externo. Una vez que la señal ha sido recibida, se identifica el tipo de comando que debe ser ejecutado. Los comandos que van a ser ejecutados se refieren tanto a la locomoción como a la monitorización del sensor. En la práctica, si se requiere información sobre el estado de la cápsula, el microcontrolador envía, a través del sistema de transmisión, el estado de los varios sensores a bordo y ésto permite una reconstrucción de la posición de las patas individuales y tener, por ejemplo, información sobre si las patas están abiertas o cerradas. En el caso de que el lugar de un comando de locomoción, el microcontrolador tiene que determinar qué tipo de locomoción debe llevar a cabo, es decir si debe ir hacia adelante, hacia atrás, girar a la izquierda o a la derecha, mover únicamente una pata o un subconjunto de patas (lo que ocurre en el caso de locomoción en áreas en las que no es necesario mover todas las patas sino únicamente unas pocas son suficientes, y ésto se hace con vistas a ahorrar energía). Una vez que la acción que va a ser realizada ha sido determinada, el microcontrolador envía pulsos de voltaje de un valor entre 3,3 V y 5 V a los controladores para la activación del activador. Una vez que la operación ha sido realizada, el microcontrolador comprueba que no hay más acciones para ser realizadas de manera que puede retornar a la condición de reposo.

Como se muestra en la Figura 8, el controlador está compuesto de un convertidor elevador DC – DC necesario para incrementar el voltaje de entrada ( $V_{in}$ ) de la batería en al menos ocho veces su valor (los componentes comerciales que se pueden utilizar para este propósito son MAX668 – 669 de MAXIM o similares). El voltaje de salida ( $V_{out}$ ) del elevador carga un condensador. El actuador está alimentado mediante la descarga del condensador durante un período de tiempo igual a unos pocos milisegundos en el mismo actuador. La activación e la descarga del condensador se genera desde el microcontrolador a través de l cierre del interruptor mostrado en la Figura 8.

Para el control externo del movimiento y de las funciones de la cápsula endoscópica, en la realización presente de la invención se ha desarrollado una interfase hombre – máquina en Visual Basic a través de la cual todas las instrucciones necesarias para el movimiento de las patas pueden ser enviadas por telemetría, mientras que las instrucciones de exploración está pre programadas en el microcontrolador a bordo de la cápsula. Naturalmente se pueden utilizar otros tipos conocidos equivalentes de interfase como una alternativa.

En una realización práctica de la invención se ha fabricado una cápsula, de aproximadamente 17 mm de diámetro y 30 mm de longitud con patas de aproximadamente 15 mm de longitud. En un prototipo se utilizaron hilos de SMA para accionar las patas de un diámetro de 75 micras. El consumo de la cápsula para una inspección de la totalidad del tracto intestinal, que se asume que sea aproximadamente igual a 8 metros, fue compatible con las baterías de última generación con una energía almacenada en las misma del orden de 2 Wh / cc.

La cápsula endoscópica de acuerdo con la invención, tiene, en comparación con las cápsulas endoscópicas conocidas, una serie de ventajas, que incluye:

- la capacidad de moverse hacia adelante, retroceder y girar en base a las necesidades de diagnóstico identificadas por el miembro del cuerpo médico;
- la habilidad de parar, contrarrestando las fuerzas de avance peristálticas, gracias a los microganchos con los que están equipadas las patas o por el simple doblado hacia fuera radial de las misma patas;
- la adaptabilidad dimensional a las diferentes áreas gastrointestinales;
- mayor seguridad en comparación con endoscopios semiautónomos con locomoción del tipo gusano, y también con endoscopios tradicionales, que se deslizan sobre los tejidos sin la posibilidad de evitar lugares con lesiones o patologías. Con una cápsula endoscópica con patas es posible un control de la trayectoria mejorado y la cápsula puede atravesar áreas críticas sin tocarlas. De hecho el posicionamiento de las patas puede ser controlado con precisión explicando la información visual transmitida como una guía;
- mejor control del movimiento en términos de longitud del paso, frecuencia, trayectoria y precisión y adaptabilidad mejorada a las características anatómicas y biomecánicas del entorno en el que tiene que operar;

- mayor velocidad de desplazamiento porque las patas pueden actuar como un sistema de amplificación de los movimientos de los microactuadores para el accionamiento de los mismos, generando de esta manera una velocidad global superior;

5

- mayor conveniencia de uso, ya que no se requiere que el paciente lleve sistemas para la generación de campos de fuerza y se da una reducción de los riesgos posible asociados con los mismos.

10

La cápsula endoscópica de acuerdo con la invención puede estar recubierta de manera ventajosa con una capa biocompatible y biodegradable que evite que las patas se doblen hacia afuera accidentalmente en la boca, haciendo el proceso de tragarla más fácil. Cuando la cápsula alcanza el estómago la cubierta puede ser destruida, permitiendo la posibilidad de movimiento de las patas. En la exploración de áreas de pequeñas dimensiones, como por ejemplo el intestino delgado, con una anchura media de 2 cm, la cápsula puede proceder con las patas semidobladas, mientras que en áreas de mayor calibre, como por ejemplo el colon, con 5 cm de diámetro aproximadamente, la cápsula puede proceder con las patas casi completamente extendidas.

El número de patas con el que puede estar equipada la cápsula depende de la velocidad que se quiera alcanzar y de la complejidad de cada paso de locomoción.

15

Varias modificaciones y cambios en la invención serán claros en base a la presente descripción. Estos cambios y adiciones se entienden que entran dentro del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Una cápsula endoscópica teleoperada con fines diagnósticos y terapéuticos dentro de una cavidad del cuerpo humano, que comprende un cuerpo (1) con una pluralidad de módulos de locomoción (5) colocados sobre su superficie, adecuados para mover dicho cuerpo en dicha cavidad, una fuente de energía dentro de dicho cuerpo, un microcontrolador ( $\mu$ P) en dicho cuerpo (1) para accionar dichos módulos de locomoción (5) en base a los comandos teletransmitidos por un operador, una videocámara para capturar imágenes, controlada por dicho microcontrolador ( $\mu$ P), un sistema transmisor / receptor para recibir los comandos teletransmitidos por el operador y para transmitir las imágenes capturadas a través de dicha videocámara,
- 10 comprendiendo cada uno de dichos módulos de locomoción (5) una pata (6) adecuada para ser llevada hasta contactar con la pared de dicha cavidad para transmitir la fuerza de locomoción y mover los puntos de contacto con ella para producir locomoción, teniendo dicha pata al menos dos grados de libertad, y medios (7) para accionar el movimiento de dicha pata controlado por dicho microcontrolador ( $\mu$ P), caracterizada porque dicha pata (6) comprende medios de agarre (18, 19) para incrementar la adherencia del contacto contra dicha pared, teniendo dichos medios de agarre una pluralidad de microganchos (19) alineados a lo largo del extremo alargado (18) de dicha pata (6), estando dichos microganchos (19) doblados hacia dicho extremo posterior de dicho cuerpo (1) y además extendiéndose a lo largo de un borde de dicha pata.
- 15 2.- La cápsula endoscópica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicho cuerpo (1) tiene un extremo frontal y un extremo posterior separados longitudinalmente y dicha para (6) tiene al menos un grado de libertad activo en la dirección longitudinal de dicho cuerpo (1) controlado por dichos medios de accionamiento (7).
- 20 3.- La cápsula endoscópica de acuerdo con la reivindicación 2, en la que dicha pata (6) tiene al menos un grado de libertad pasivo para doblarse en una parte intermedia de la pata para adaptar la pata a las deformaciones de la pared de la cavidad durante el movimiento de la cápsula endoscópica.
- 25 4.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que dicha pata (6) es sustancialmente un elemento en forma de varilla en dos partes (6a, 6b), conectadas extremo con extremo por una parte de la rodilla (6c) con una flexibilidad incrementada.
- 30 5.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha pata (6) es un elemento sustancialmente con forma de varilla con una pluralidad de secciones (6c) con una flexibilidad incrementada a lo largo de la misma.
- 35 6.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4, 6 ó 7, en la que dichas partes de la rodilla (6c) o secciones con flexibilidad incrementada están hechas de un material removible.
- 40 7.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4, 6 ó 7, en la que dichas partes de la rodilla (6c) o secciones con flexibilidad incrementada comprenden topes de finales de carrera (25, 26) para limitar el movimiento angular en ambas direcciones.
- 45 8.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que dichas patas (6) están hechas de una aleación con memoria de forma (SMA).
- 50 9.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que dichos medios de accionamiento (7) comprende un par de hilos (20, 21) en aleación con memoria de forma (SMA) conectados a dicha pata (6) y que actúan en oposición para moverla de forma angular alrededor de un eje perpendicular a la dirección longitudinal de dicho cuerpo (1), estando dichos hilos (20, 21) alimentados eléctricamente con una corriente eléctrica bajo el control de dicho microcontrolador ( $\mu$ P).
- 10.- La cápsula endoscópica de acuerdo con la reivindicación 11, en la que dicho módulo de locomoción (5) comprende un soporte (8) alojado longitudinalmente en dicho cuerpo (1), estando provista una polea (11) en un extremo de dicho soporte (8), con su eje perpendicular a la dirección longitudinal de dicho cuerpo, extendiéndose dicha pata (6) radialmente desde dicha polea (11) estando dichos hilos de SMA (20, 21) conectados a dicha polea (11) en puntos diametralmente opuestos entre sí y a contactos eléctricos (22) provistos en los extremos opuestos de dicho soporte (8).
- 11.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que dichos módulos de locomoción (5) están colocados uno a lo largo del otro sobre dicho cuerpo de tal manera que las patas (6) correspondientes están alternativamente en el lado del extremo frontal y del extremo posterior de dicho cuerpo (1).
- 12.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que dichos módulos de locomoción (5) son al menos seis.
- 13.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que dichos medios de accionamiento (7) son adecuados para transmitir movimientos angulares a dichas patas entre la posición de reposo, en la que están colocadas longitudinalmente a lo largo de dicho cuerpo, y una posición de máxima extensión radial.

14.- La cápsula endoscópica de acuerdo con la reivindicación 13, en la que en dicha posición de reposo dicha pata (16) está alojada en dicho soporte (8).

15.- La cápsula endoscópica de acuerdo con la reivindicación 13, en la que la posición de máxima extensión radial de dicha pata está a 120 ° en relación con dicha posición de reposo.

5 16.- La cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en la que se provee un recubrimiento biodegradable en dicho cuerpo para contener las patas durante el proceso de tragado.

10 17.- El sistema para endoscopia diagnóstica y terapéutica dentro de una cavidad del cuerpo humano, caracterizada porque comprende una cápsula endoscópica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas y una interfase de control externa para transmitir a dicha cápsula los comandos para su locomoción en dicha cavidad y para la recepción y procesamiento de los datos obtenidos.

Fig. 1

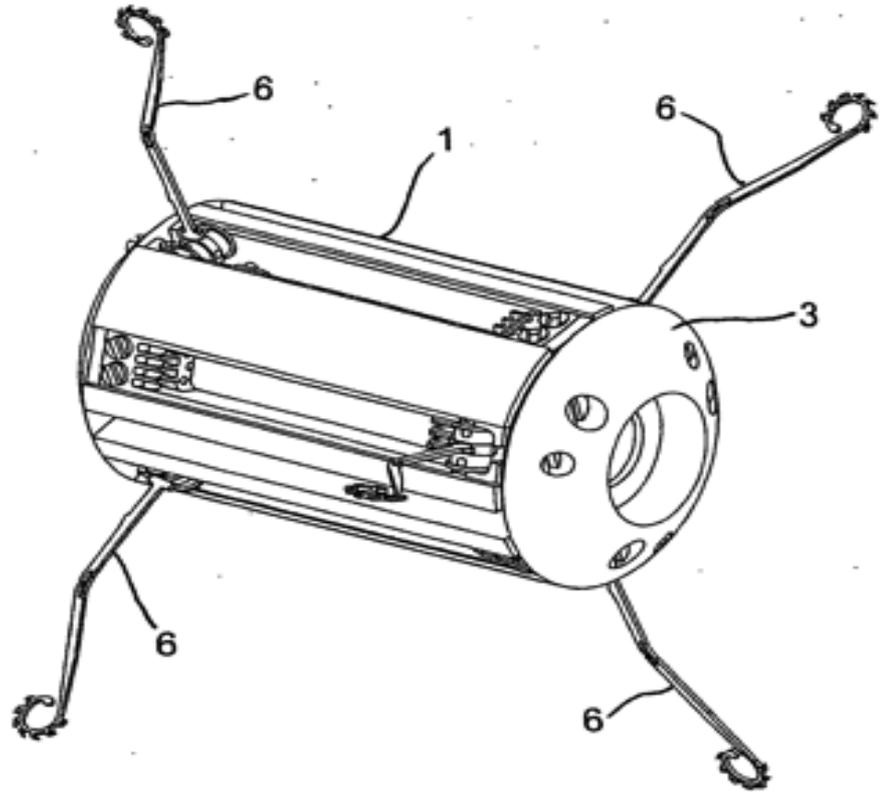
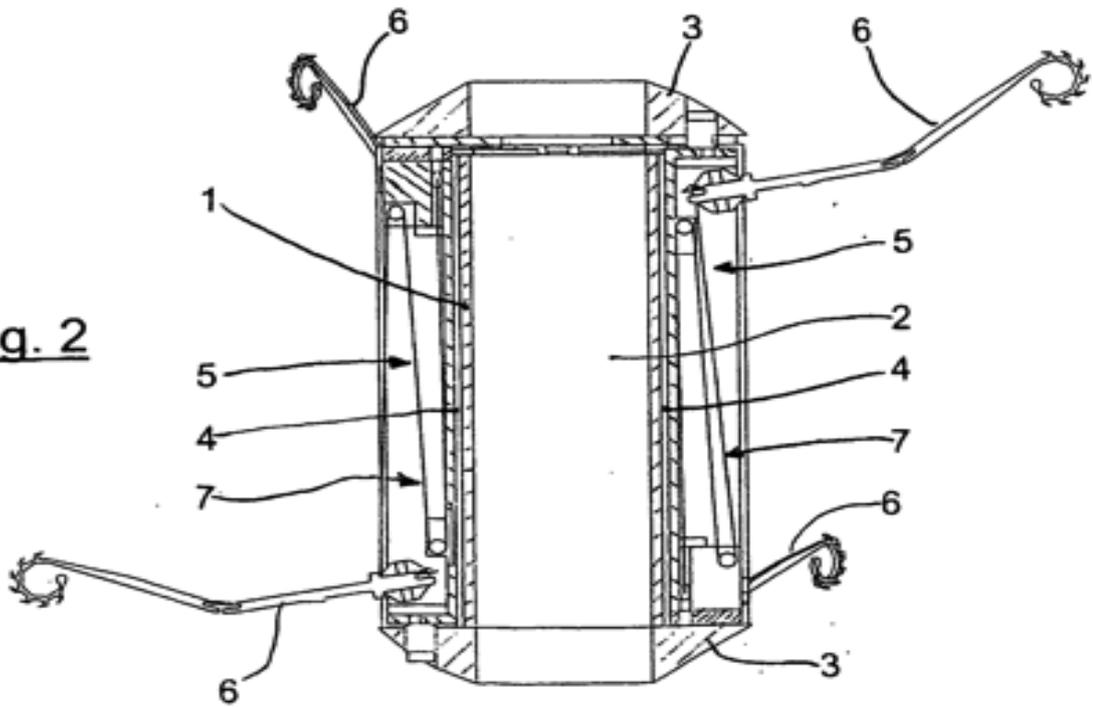


Fig. 2



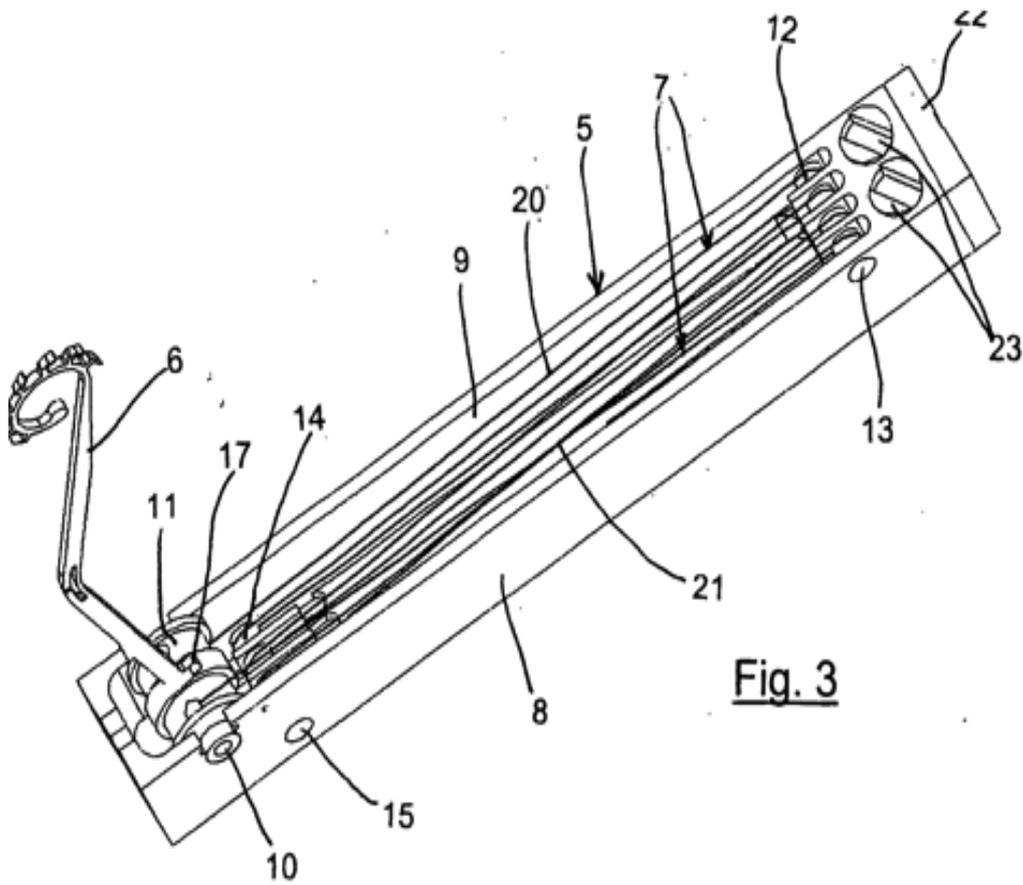


Fig. 3

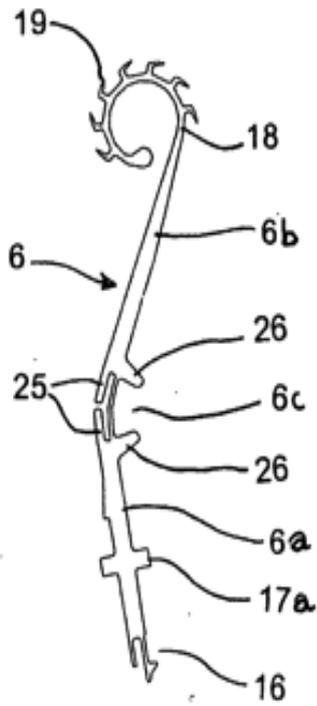


Fig. 4

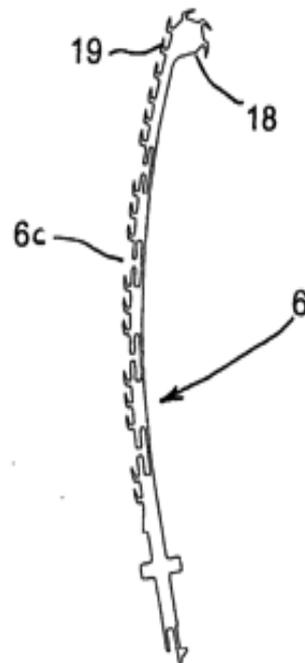
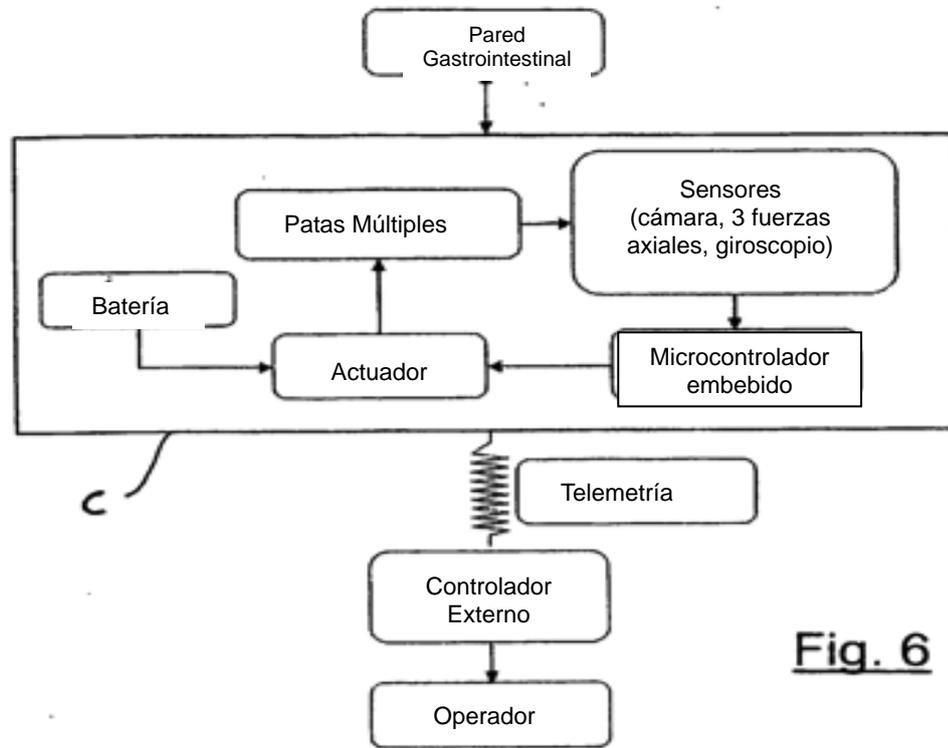
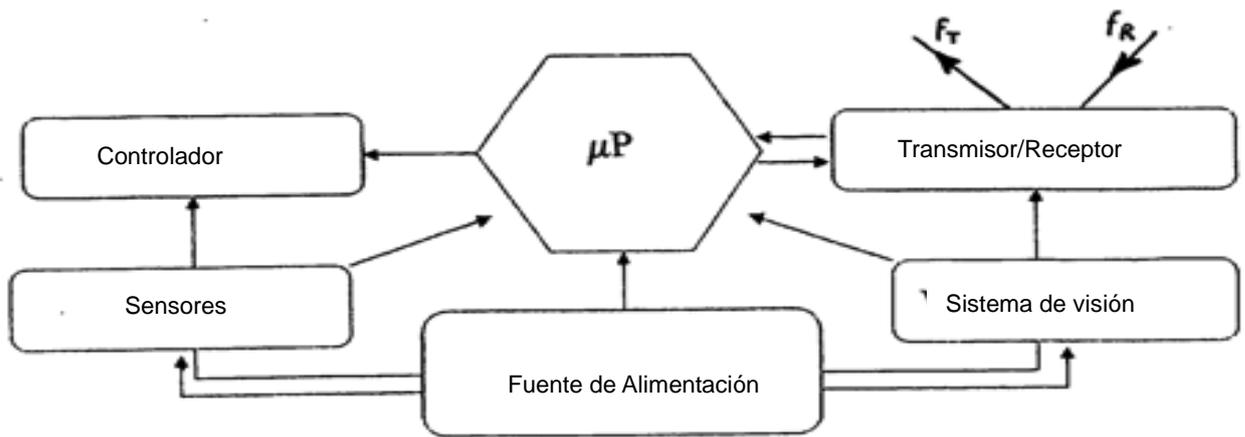


Fig. 5



**Fig. 6**



**Fig. 7**

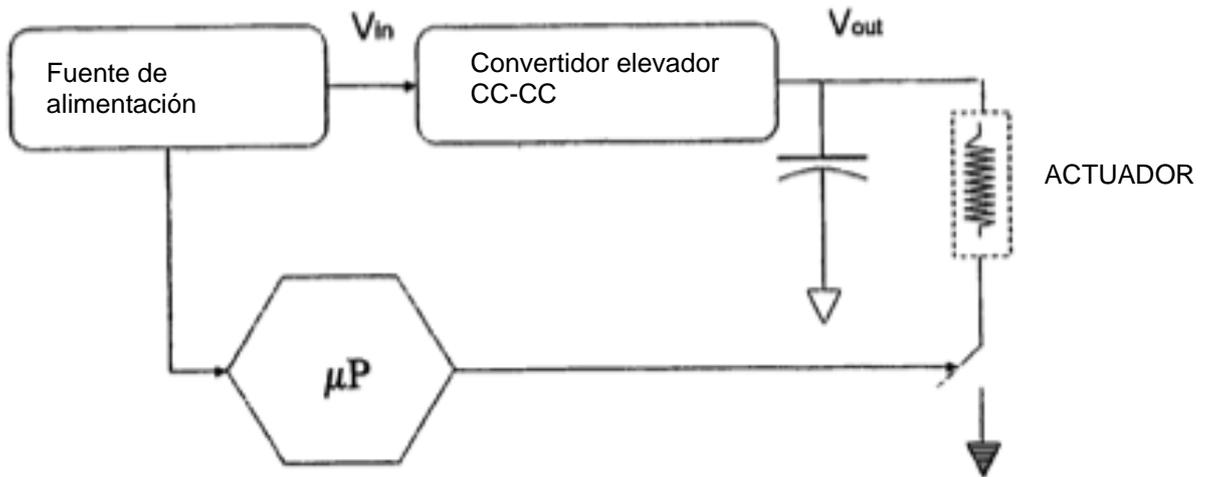


Fig. 8