

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 029**

51 Int. Cl.:

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 34/37 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2010** **PCT/ES2010/000224**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.11.2010** **WO10133733**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2010** **E 10777402 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017** **EP 2433585**

54 Título: **Sistema robótico para cirugía laparoscópica**

30 Prioridad:

22.05.2009 ES 200901313

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

16.02.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)**

**C/ Jordi Girona 31
08034 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**AMAT GIRBAU, JOSEP;
CASALS GELPI, ALICIA y
FRIGOLA BOURLON, MANEL**

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 655 029 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

Sistema robótico para cirugía laparoscópica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema robótico destinado a la sujeción y manejo de una herramienta o útil quirúrgico para cirugía, en particular para cirugía laparoscópica mínimamente invasiva. El sistema robótico de la invención comprende una estructura de soporte en la cual se acopla de manera deslizante uno o varios brazos que
10 pueden accionarse de manera remota desde una estación de teleoperación.

Cada uno de dichos brazos acoplados a la estructura de soporte está configurado como un conjunto articulado formado por dos elementos. Ambos elementos están articulados entre sí y, a su vez, el primer elemento puede girar respecto a la estructura de soporte.

15

Antecedentes de la invención

La invención tiene aplicación general en el campo de la cirugía robótica y en particular en el campo de la cirugía mínimamente invasiva. En la cirugía mínimamente invasiva se realizan incisiones de menores dimensiones respecto
20 a las realizadas en una intervención convencional, lo que requiere un accionamiento muy preciso de la herramienta quirúrgica. A través de tales incisiones se realizan las operaciones quirúrgicas, incluyendo la introducción de cámaras de visión (laparoscopia) para obtener la imagen de órganos internos y transmitir las a un monitor de televisión a través del cual el cirujano puede guiarse para realizar dichos procedimientos quirúrgicos.

25 Estos procedimientos quirúrgicos a través de cirugía robótica se realizan a distancia utilizando estaciones de teleoperación conectadas a un sistema robótico por medio de líneas de comunicación dedicadas.

Los sistemas robóticos comprenden arquitecturas diseñadas para comportarse de manera similar al brazo humano, permitiendo ubicar el extremo de un brazo robot en distintas posiciones. Dichas arquitecturas están formadas por
30 uno o varios brazos montados en una estructura de soporte y formados por elementos articulados de manera que pueden moverse en el espacio adecuadamente para accionar una herramienta, órgano terminal o efector final, tal como una pinza u otro dispositivo para realizar operaciones quirúrgicas. Su movimiento va accionado a través de las órdenes recibidas a distancia a través de la estación de teleoperación.

35 Cada uno de dichos brazos es una estructura articulada formada por varios elementos articulados entre sí y montados de manera giratoria respecto a la estructura de soporte. Un ejemplo de arquitectura de brazo robótico de elementos articulados es el robot conocido como Scara, que presenta libertad de movimientos en los ejes X e Y, si bien están limitados en sus desplazamientos en el eje vertical Z, donde normalmente se realizan manipulaciones simples y en desplazamientos de corta distancia.

40

Las limitaciones de estas arquitecturas normalmente se suplen a través de un uso intensivo de electrónica y mecanismos complejos para disponer un sistema robótico adecuado para la cirugía mínimamente invasiva. Esto implica un sistema robótico indeseablemente costoso debido a la gran complejidad del conjunto.

45 El documento US2003208186 describe un mecanismo robótico de tres grados de libertad que comprende una estructura de soporte en la cual se acopla de manera deslizante verticalmente un brazo. El brazo está formado por un primer elemento y un segundo elemento articulados entre sí. El primer elemento está articulado a la vez estructura de soporte y a través del mismo puede posicionarse una herramienta. Sin embargo, esta arquitectura presenta el inconveniente de que no permite orientar la herramienta adecuadamente para poder introducirla
50 mediante de un instrumento de cirugía (trocar).

El documento US5762458 se refiere a un sistema para realizar intervenciones de cirugía cardíaca mínimamente invasiva. Dicho sistema está constituido por unos brazos articulados adaptados para manejar una herramienta en el espacio. Dichos brazos presentan varios grados de libertad y, en una realización, incorpora tres articulaciones
55 motorizadas (de accionamiento en desplazamiento y rotación), dos articulaciones pasivas y una articulación motorizada de accionamiento en rotación de la herramienta dispuesta en el extremo del brazo. Este sistema robótico presente el inconveniente de que no permite un posicionamiento totalmente eficaz de la herramienta a través de la incisión en el paciente.

60 El documento JPH07136173 se refiere a un manipulador quirúrgico controlado a distancia destinado a utilizarse para el trabajo en órganos. Comprende una estructura de un único brazo que puede girar alrededor de un eje longitudinal. Además, comprende medios para posicionar una parte de inserción que puede moverse libremente.

WO0030557 describe un manipulador quirúrgico para manipular herramientas médicas con por lo menos un grado de libertad. El manipulador incluye una pluralidad de brazos para soportar las herramientas médicas de manera giratoria. Los brazos pueden orientarse a través de unas articulaciones cuyos movimientos pueden ser controlados.

5 Descripción de la invención

La presente invención propone un sistema robótico para cirugía laparoscópica, particularmente aunque no exclusivamente, para cirugía mínimamente invasiva. El sistema robótico de la invención presenta una configuración notablemente más simple que los sistemas robóticos que los que para el mismo fin se vienen utilizando hasta ahora.

10 Además de la simplicidad estructural del sistema robótico que se propone, la invención presenta un sistema robótico para cirugía laparoscópica con una arquitectura particular capaz de orientar adecuadamente una herramienta, órgano terminal o efector final, tal como una pinza o dispositivo adecuado para realizar operaciones quirúrgicas, con gran movilidad para ser introducida adecuadamente a través de una incisión en el paciente.

15 El sistema robótico para cirugía laparoscópica mínimamente invasiva de la invención comprende una estructura de soporte formada por una columna vertical alrededor de cuyo eje longitudinal pueden girar los brazos. La columna puede ir montada fija sobre una plataforma preferiblemente provista de unas ruedas para facilitar su desplazamiento en caso de ser necesario. Uno o más brazos robóticos se acoplan de manera deslizante verticalmente en la columna. En caso de disponerse más de un brazo robótico en la estructura de soporte, dichos brazos se acoplan
20 con posibilidad de deslizamiento vertical para poder regular su altura al suelo y permitir, de este modo, posicionar una herramienta quirúrgica en la posición adecuada de manera eficaz.

Cada uno de los brazos del sistema robótico comprende un primer elemento y un segundo elemento. Ambos primer y segundo elemento están articulados entre sí a través de un eje o articulación. Por otra parte, el primer elemento
25 del brazo está montado de manera giratoria en la estructura de soporte y, a su vez, dicho primer elemento está adaptado para girar alrededor de su eje longitudinal. En particular, el primer elemento del brazo está montado de manera giratoria en una extensión solidaria de la estructura de soporte.

El segundo elemento del brazo robótico está adaptado para recibir una articulación de por lo menos dos grados de libertad pasivos en su extremo para el acoplamiento de una herramienta o útil quirúrgico. En el caso de disponerse
30 de más de un brazo robótico, los brazos pueden girar de manera independiente entre sí alrededor del eje longitudinal de la estructura de soporte. Esta arquitectura permite simplificar considerablemente el conjunto.

En algunas realizaciones de la invención, la citada articulación de por lo menos dos grados de libertad para el
35 acoplamiento de una herramienta puede ser de tres grados de libertad, tal como una articulación de tipo cardan. Con ello se consigue estabilidad en un eje (normalmente el eje de la dirección de la herramienta o instrumento) y un movimiento espacial adecuado para las operaciones de la herramienta a través de la incisión en el paciente al introducir dos grados de libertad pasivos en el sistema.

40 De este modo el conjunto dispone de un total de cinco grados de libertad (cuatro más el desplazamiento vertical de la estructura de soporte para el posicionamiento y la maniobrabilidad de la herramienta) con lo que la herramienta puede orientarse siempre en la dirección definida por el punto de penetración en la cavidad realizada en el paciente (por ejemplo, la cavidad abdominal) por medio del trocar.

45 En una realización, el eje longitudinal del primer elemento del brazo robótico puede ser por lo menos substancialmente perpendicular al eje de articulación del primer elemento y el segundo elemento.

El segundo elemento del brazo puede estar formado por dos barras dispuestas substancialmente paralelas entre sí y separadas una distancia apropiada para disponer en las mismas y de manera articulada un extremo del primer
50 elemento del brazo. Esto permite el giro sin colisiones del primer y el segundo elemento del brazo robótico.

Otros objetivos, ventajas y características del sistema robótico para cirugía laparoscópica mínimamente invasiva de la invención serán claros a partir de la descripción de la invención de una realización preferida. Esta descripción se da a modo de ejemplo no limitativo y se ilustra en los dibujos que se adjuntan.

55 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos,

60 La figura 1 es un esquema de un sistema de teleoperación dotado de sistemas robóticos de acuerdo con la invención;

La figura 2 es una vista en perspectiva de una realización del sistema robótico de la invención formado por una estructura de dos brazos;

La figura 3 es una vista en perspectiva de una realización del sistema robótico de la invención; y

5

La figura 4 es una vista esquemática de la cadena cinemática del sistema robótico donde se muestran los grados de libertad.

Descripción de una realización preferida

10

En las figuras se muestra un sistema de teleoperación 100 para la realización de cirugía laparoscópica mínimamente invasiva. El sistema de teleoperación 100 está formado por una estación de trabajo 110 que incorpora dos sistemas robóticos 200 de acuerdo con la invención y una estación de teleoperación 120 para el accionamiento y control del sistema robótico 200. La estación de teleoperación 120 incluye un sistema de control tridimensional 130 para la

15

visualización de la escena de trabajo con un factor de amplificación deseado (zoom) y un punto de vista controlable a través de los movimientos de uno de los brazos disponibles.

La estación de teleoperación 120 puede convertir las órdenes de control del operario en el accionamiento del sistema robótico 200 potenciando las capacidades manuales del operario y controlar las operaciones para conseguir

20

más fiabilidad. Esto permite al operario accionar y controlar gestualmente, mediante los movimientos de sus brazos, los brazos robóticos articulados 210, 220 del sistema robótico 200. Los movimientos que el operario puede realizar con sus dos manos pueden aplicarse a unos u otros brazos 210, 220, a su voluntad, con la ayuda de unos pedales auxiliares de accionamiento (no mostrados). Los brazos robóticos 210, 220 del sistema robótico 200 (mostrados en la figura 3) pueden ser accionados eléctricamente para posicionar y orientar cada una de las herramientas, órganos

25

terminales o efectores finales 900 (tal como unas pinzas o dispositivos quirúrgicos adecuados para realizar operaciones).

El nexo entre la estación de teleoperación 120 y el sistema robótico 200 se realiza a través de una unidad de control 140. La unidad de control 140 está configurada por una red de ordenadores que permiten efectuar el control en

30

tiempo real de las trayectorias de los brazos robóticos 210, 220 y la orientación de las herramientas quirúrgicas 900 controladas por los brazos 210, 220, de manera que en todo momento se ajustan a los movimientos de las órdenes del operario. La unidad de control 140 lleva a cabo también la coordinación de los movimientos para evitar las colisiones entre los brazos 210, 220 y la supervisión y corrección de las trayectorias según los criterios predefinidos por el operario. La unidad de control 140 permite trabajar con ejes de referencia flotantes, que se reinician en

35

posición y orientación a voluntad del operario para facilitar el accionamiento de la tarea en posición del campo de trabajo vertical, aunque la operación se realice al interior de la capacidad abdominal del paciente 600 en otras orientaciones. También permite cambiar el factor de escala, para poder regular unos movimientos centimétricos en la estación de accionamiento, a unos movimientos milimétricos, cuando sea necesario. Dicha unidad 140 permite también definir restricciones del volumen de trabajo de cada uno de los brazos 210, 220, para aumentar la seguridad

40

del paciente 600. A través de la unidad 140 es posible también visualizar el espacio de trabajo útil de los brazos 210, 220 para facilitar un posicionamiento correcto inicial de los mismos respecto a la mesa de operaciones 700 y respecto al paciente 600.

La señal 150 recibida de la estación de teleoperación 120 a través de unos sensores magnéticos de posición 450

45

proporciona información 460 acerca de las trayectorias de las herramientas 900. Otros medios de detección de la posición, tales como sensores potenciométricos o inerciales también son posibles. Esto permite facilitar la capacidad de movimientos del operario y evitar las restricciones mecánicas de los accionadores 6D más usuales. Con ello es posible realizar un control 640 del sistema robótico 200 y un control 650 de las herramientas 900 así como un control

50

660 para evitar colisiones. La estación de trabajo 110 comprende uno o varios sistemas robóticos 200 de acuerdo con la invención. En la figura 3 se muestra uno de dichos sistemas robóticos 200 en detalle. Tal como puede apreciarse, cada sistema robótico 200 comprende dos brazos 210, 220 montados en una estructura de soporte 230 común. Cada brazo 210, 220 tiene una capacidad de carga tal que permite realizar esfuerzos de hasta 2,5 Kg y está adaptado para operar al lado de la

55

mesa de operaciones 700, ya sea a un lado o al otro, o bien utilizando los dos simultáneamente, uno a cada lado de la mesa de operaciones 700. Los brazos 210, 220 del sistema robótico 200 son capaces de moverse en el espacio para cubrir un volumen de trabajo mínimo apropiado. Este volumen de trabajo viene definido por el conjunto de puntos en los que puede situarse la herramienta 900 de cada brazo 210, 220, y que corresponde al volumen encerrado por las superficies que determinan los puntos a los que accede la herramienta 900 con su estructura

60

totalmente extendida y totalmente plegada. En la estructura de la realización, el volumen de trabajo mínimo corresponde a una semiesfera de 50 cm de radio centrada sobre un mismo centro fijo, pero de altura regulable, y con precisiones superiores a 1 mm.

En la realización mostrada en las figuras 2 y 3, la estructura de soporte 230 está constituida por una columna vertical 235 montada fija sobre una plataforma 240 provista de ruedas bloqueables 245 para facilitar su desplazamiento. La plataforma 240 comprende un tramo inferior 250 y un primer y un segundo tramo superior 260, 270, montados giratorios entre sí y respecto al tramo inferior 250. El tramo inferior 250 de la estructura de soporte 230 va fijado a la
 5 plataforma 240 para inmovilizar el sistema robótico 200 durante la intervención. El primer y segundo tramo superior 260, 270 de la columna 235 están montados de manera que pueden deslizar verticalmente según la dirección vertical designada por D, es decir, substancialmente perpendicular a la plataforma 240 de la estructura de soporte 230. El desplazamiento lineal vertical D del primer y segundo tramo superior 260, 270 permite regular la altura de los brazos robóticos 210, 220 al suelo de manera independiente y posicionar así la herramienta 900 adecuadamente.

10 Por motivos de simplicidad en la descripción, en lo sucesivo se describirá la estructura de uno de los brazos 210 del sistema robótico 200, entendiéndose que cada uno de dichos brazos 210, 220 presenta una configuración igual o técnicamente equivalente.

15 El brazo robótico 210 del sistema que se describe de acuerdo con la invención está formado por dos elementos articulados entre sí 300, 400.

El primer elemento 300 es un cuerpo alargado que va montado en la estructura de soporte 230 de manera que puede girar alrededor de un eje longitudinal L1 del primer elemento 300. Más concretamente, este primer elemento
 20 300 va montado de manera giratoria en una extensión 265 solidaria del primer tramo superior 260 (el otro brazo robótico 220 va montado de manera giratoria en la extensión 275 correspondiente al segundo tramo superior 270). De este modo, el primer elemento 300 puede girar respecto a la extensión 265 del primer tramo superior 260 del brazo robótico 210 alrededor del longitudinal L1 y ambos brazos 210, 220 pueden girar de manera independiente alrededor del eje longitudinal L3 de la estructura de soporte 230, es decir, de la columna 235.

25 El segundo elemento 400 del brazo robótico 210 está articulado al primer elemento 300 del brazo robótico 210 a través de una articulación 280 de modo que pueden girar alrededor de un eje L2, tal como puede apreciarse en la figura 3. El eje longitudinal L1 del primer elemento 300 es substancialmente perpendicular al eje L2 de la articulación 280 del primer elemento 300 y el segundo elemento 400.

30 Tal como puede apreciarse, el segundo elemento articulado 400 está formado por dos barras 410, 420 que, en la realización de las figuras, presenta una sección transversal elíptica. Se comprenderá, sin embargo, que las dos barras 410, 420 pueden presentar otras geometrías diferentes. Las dos barras 410, 420 se disponen paralelas entre sí separadas una cierta distancia para permitir la articulación del segundo elemento 400 en un extremo del primer
 35 elemento 300 impidiendo que ambos elementos 300, 400 del brazo 210 colisionen entre sí al realizar el giro alrededor del eje L2 de la articulación 280 dispuesta en un extremo común de ambas barras 410, 420 del brazo 210.

El extremo opuesto 500 de ambas barras 410, 420 del brazo 210 está adaptado para el acoplamiento de una herramienta o útil quirúrgico 900 a través de un eje de giro L4. El eje de giro L4 evita colisiones entre la herramienta
 40 900 y las barras 410, 420 del segundo elemento 400 del brazo 210, 220. En el extremo 500 se dispone una articulación mecánica 550 que permite controlar la orientación de la herramienta 900 dentro del espacio de trabajo de manera adecuada para las operaciones a través de la incisión en el paciente 600. Esta articulación mecánica 550 es una articulación de dos o más grados de libertad adaptada para el acoplamiento de la herramienta o instrumento quirúrgico 900. En la realización de las figuras, la articulación mecánica 550 es una articulación de tres grados de
 45 libertad, tal como una articulación de tipo cardan. Esto permite introducir dos grados de libertad pasivos adicionales y proporcionar estabilidad en un eje (normalmente el eje de la dirección de la herramienta 900). Con ello, la herramienta 900 puede orientarse siempre en la dirección definida por el punto de penetración 950 en la cavidad realizada en el paciente 600 (por ejemplo, la cavidad abdominal), tal como se muestra en dicha figura 4.

50 Puede disponerse un elemento de sujeción de los trocares de ajuste manual. Este elemento de sujeción está constituido por un elemento suspensor que puede ser fijado manualmente a la estructura de soporte 230. En su extremidad soporta dos elementos sujetos a este elemento suspensor a través de dos rótulas bloqueables manualmente que permiten sujetar mediante una articulación de tipo cardan los respectivos trocares para reducir los
 55 esfuerzos realizados con la herramientas o instrumento quirúrgico 900 sobre el abdomen del paciente 600.

En la figura 4 se muestra esquemáticamente la cadena cinemática de la estructura mecánica de una realización del sistema robótico 200 de la invención. Como puede apreciarse, cada brazo 210, 220 del sistema 200 es una cadena
 60 cinemática abierta de tipo D-G-G-G+cardan, de cinco grados de libertad, que permiten un movimiento relativo de los distintos elementos 235, 300, 400, 900 entre cada dos eslabones consecutivos de la estructura.

Aparte de la articulación prismática (movimiento de traslación vertical D), las cuatro articulaciones según los ejes L1, L2, L3 y L4 son motorizadas, siendo el desplazamiento D compartido por los dos brazos 210, 220.

Aunque la presente invención se ha descrito en la memoria y se ha ilustrado en los dibujos adjuntos con referencia a una realización preferida de la misma, el sistema robótico objeto de la invención es susceptible de diversos cambios sin apartarse del ámbito de protección definido en las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

- 1- Sistema robótico (200) para cirugía laparoscópica, que comprende una estructura de soporte (230) que incluye por lo menos dos brazos (210, 220) acoplados de manera deslizante a dicha estructura de soporte (230) y articulados en la misma, comprendiendo cada uno de dichos brazos (210; 220) un primer elemento (300) y un segundo elemento (400) articulados entre sí y una articulación (550) que tiene por lo menos dos grados de libertad para el acoplamiento de una herramienta (900), estando montado el primer elemento (300) articulado de manera giratoria en la estructura de soporte (230), y adaptado para girar alrededor de su eje longitudinal (L1), y estando adaptado el segundo elemento (400) para recibir la articulación (550)
- 10 caracterizado por el hecho de que:
- los brazos (210, 220) están asociados respectivamente a un primer y un segundo tramo superior (260, 270), en el que
- 15 dicho primer y segundo tramo superior (260, 270) están montados entre sí de manera giratoria y respecto a la estructura de soporte (230) y capaces de deslizarse verticalmente para regular la altura de los brazos (210, 220) de manera independiente,
- 20 de manera que los brazos (210, 220) pueden girar de manera independiente entre sí alrededor de un dicho eje longitudinal (L3) de la estructura de soporte (230).
- 2- Sistema robótico (200) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho eje longitudinal (L1) del primer elemento (300) de cada uno de dichos brazos (210, 220) es por lo menos substancialmente perpendicular a un eje (L2) de articulación mutua del primer elemento (300) y el segundo elemento (400).
- 25 3- Sistema robótico (200) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por el hecho de que la estructura de soporte (230) comprende una columna vertical alrededor de cuyo eje longitudinal (L3) pueden girar los brazos (210, 220).
- 30 4- Sistema robótico (200) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la articulación (550) de cada uno de dichos brazos (210, 220) que tienen por lo menos dos grados de libertad (500) para el acoplamiento de una herramienta (900) es una articulación de tipo cardan.
- 5- Sistema robótico (200) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el segundo elemento articulado (400) de cada uno de dichos brazos (210, 220) está formado por dos piezas (410, 420) en las cuales queda articulado el primer elemento del brazo (300).
- 35 6- Sistema robótico (200) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el primer elemento (300) de cada uno de dichos brazos (210, 220) está montado de manera giratoria en una extensión (265; 275) solidaria de la estructura de soporte (230).
- 40

FIG.1

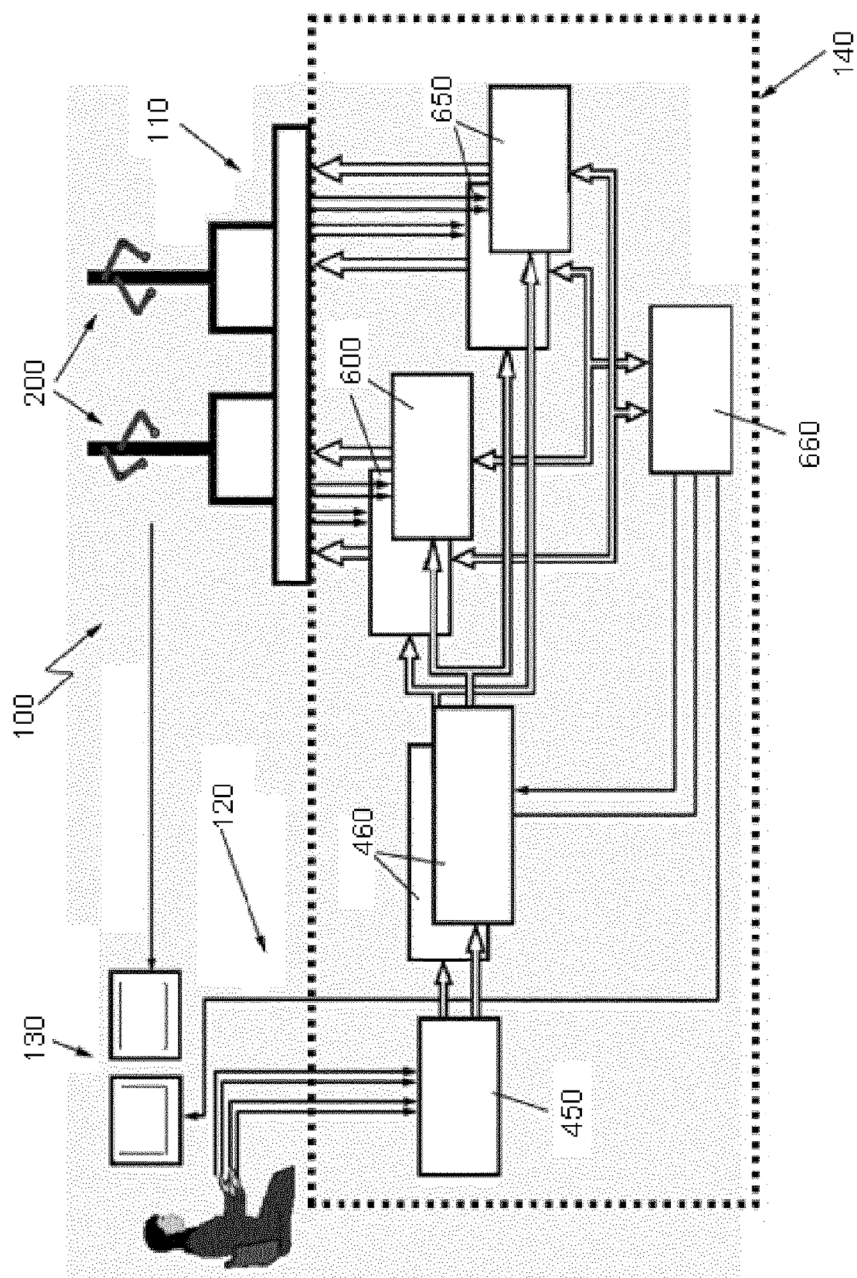


FIG. 2

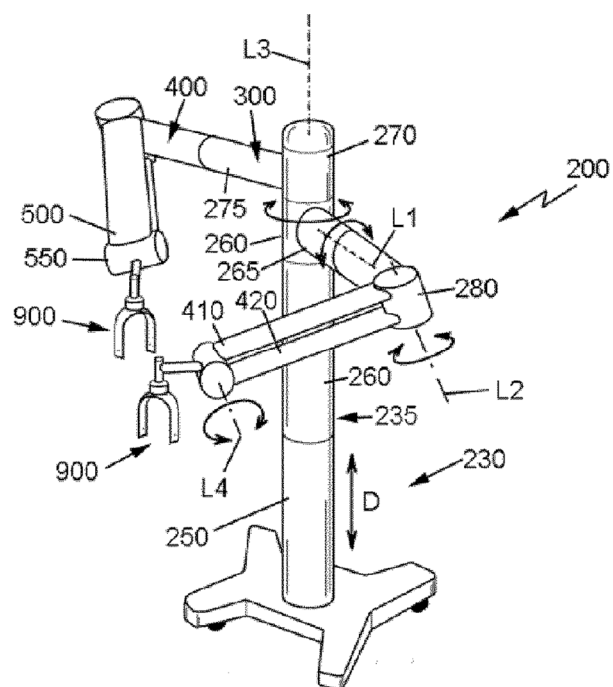
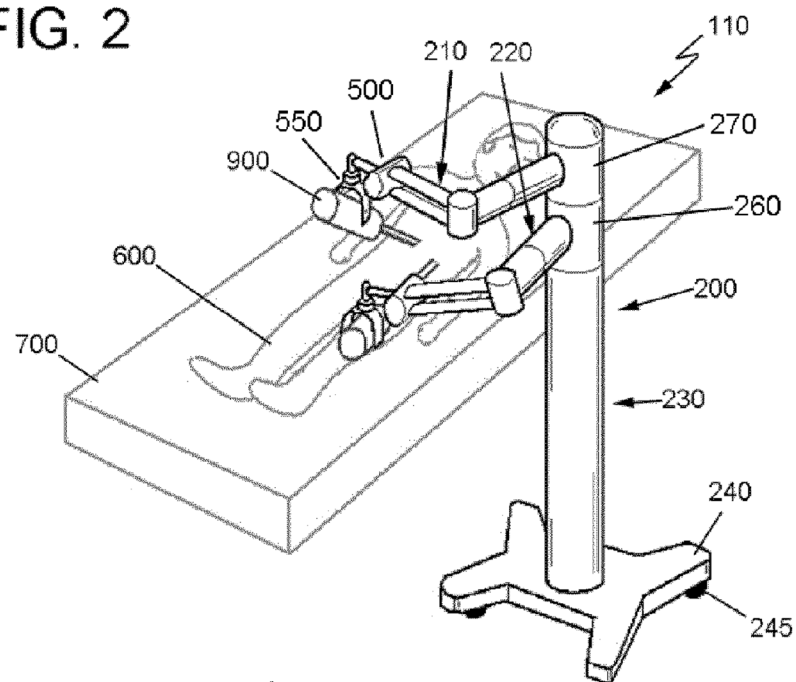
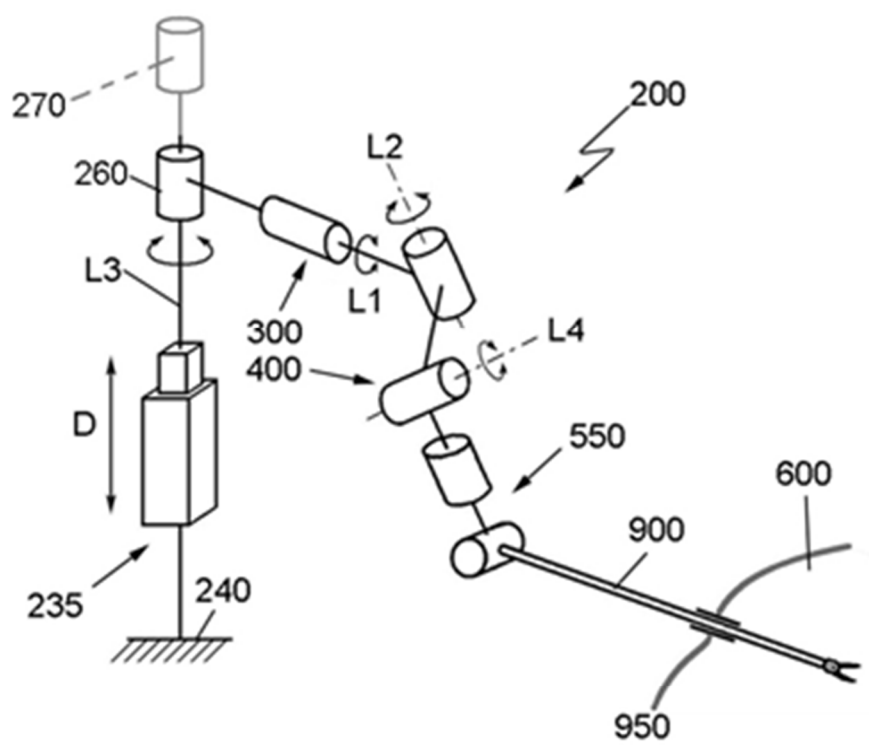


FIG.3

FIG. 4



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

*Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden
5 excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10

- US 2003208186 A [0008]
- US 5762458 A [0009]

- JP H07136173 B [0010]
- WO 0030557 A [0011]