

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 681**

51 Int. Cl.:

<b>A61B 34/30</b>	(2006.01)
<b>A61B 34/00</b>	(2006.01)
<b>A61B 17/00</b>	(2006.01)
<b>A61B 90/00</b>	(2006.01)
<b>A61B 34/20</b>	(2006.01)
<b>A61B 18/14</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2014 PCT/US2014/014626**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14121262**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2014 E 14746186 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 2951743**

54 Título: **Sistema robótico quirúrgico de control híbrido**

30 Prioridad:

**04.02.2013 US 201361760378 P**

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

**09.02.2021**

73 Titular/es:

**CHILDREN'S NATIONAL MEDICAL CENTER  
(100.0%)  
111 Michigan Avenue N.W.  
Washington, DC 20010-2970 , US**

72 Inventor/es:

**KIM, PETER C.W.;  
KIM, YONJAE;  
CHENG, PENG;  
KRIEGER, AXEL;  
OPFERMANN, JUSTIN y  
DECKER, RYAN**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 804 681 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 quirúrgico de control híbrido

5 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION****Campo de la invención:**

La presente descripción está relacionada con el campo de la cirugía asistida por robot.

10

**Descripción de la técnica relacionada:**

Los sistemas quirúrgicos robóticos son útiles en la cirugía mínimamente invasiva al mejorar la visión y la destreza del cirujano. El Da Vinci de Intuitive Surgical es el único robot comercial para la cirugía de tejidos blandos en el mercado actual. El sistema Da Vinci ha avanzado en el campo de la cirugía al proporcionar una alternativa menos invasiva a los procedimientos abiertos (es decir, prostatectomía o histerectomía) permitiendo que el cirujano acceda y manipule regiones anatómicas difíciles de alcanzar, como la profundidad de la pelvis o el retroperitoneo. Hoy, más del 90% de los casos de Da Vinci son procedimientos genitourinarios efectuados en la cavidad pélvica, como prostatectomía, histerectomía, cistectomía, pieloplastía, sacrocolpexia, miomectomía y resección de endometriosis. En 2011, se efectuaron 360.000 procedimientos con el sistema Da Vinci, entre los cuales la prostatectomía y la histerectomía representan el 75% de los mismos. [Informe anual 2012 de Intuitive Surgical Inc.].

15

20

La propuesta de valor clave de Da Vinci es que permite que el urólogo/ginecólogo acceda a espacios pélvicos profundos y estrechos de difícil acceso para efectuar cirugías laparoscópicas con visualización 3D y destreza mejoradas, lo que, de otra manera, sería técnicamente muy desafiante usando un enfoque laparoscópico tradicional. Es más adecuado para la operación en un campo relativamente pequeño y para la disección de precisión en un volumen confinado, pero no es adecuado para intervenciones más grandes, como la movilización del colon, porque este tipo de procedimientos generalmente requieren amplios intervalos de movimiento. Estudios previos mostraron que los controles intuitivos de los sistemas robóticos son más comparables a los movimientos efectuados por un cirujano durante una cirugía abierta y pueden acortar la curva de aprendizaje del procedimiento, incluso en manos de cirujanos laparoscópicos relativamente inexpertos. Ahlering y col. demostraron un hallazgo similar en cirugía urológica, donde una interfaz robótica permitió a un cirujano con familiaridad laparoscópica limitada efectuar una prostatectomía radical mínimamente invasiva, con resultados comparables a los de un cirujano laparoscópico experimentado, después de completar solo doce casos [Ahlering, y col. J Urol 2003].

30

35

A pesar de la utilidad de Da Vinci en las cirugías pélvicas, la tecnología en su forma actual no es adecuada para la cirugía general, especialmente la resección colorrectal, durante la cual se atraviesan múltiples cuadrantes del abdomen y el cirujano a menudo debe ajustar o inclinar al paciente y la mesa de operaciones para lograr un mejor acceso a los tejidos diana. Para usar de manera efectiva la robótica en procedimientos como este, los médicos tendrían que modificar en gran medida su técnica o acoplar y desacoplar el robot en la mitad del procedimiento, lo que puede aumentar significativamente los tiempos de operación y posiblemente aumentar el riesgo de dañar al paciente. Por ejemplo, una colectomía sigmoidea total efectuada robóticamente requiere desacoplar el robot de los puertos abdominales superiores, reposicionar al paciente, mover el robot y volver a acoplarlo a los puertos abdominales inferiores. Una acción que generalmente toma un par de segundos en la laparoscopia convencional se ha convertido en un engorroso ejercicio de 10 minutos o más efectuado por asistentes especializados.

40

45

Un inconveniente adicional de los sistemas robóticos actuales es su gran huella tanto en el lado maestro como en el esclavo, lo que puede impedir el acceso al paciente acostado en la mesa de operaciones, y también plantea un desafío importante para el posicionamiento adecuado del paciente y la colocación del puerto. Incluso pequeñas desviaciones en la ubicación del puerto podrían provocar la colisión de los brazos robóticos o la imposibilidad de alcanzar el área diana deseada. También carece de retroalimentación háptica (retroalimentación táctil y de fuerza), lo que la hace inadecuada para la anastomosis quirúrgica, ya que requieren sutura hermética y sin tensión para mitigar la posibilidad de un colapso de la anastomosis después de la operación. Según nuestra encuesta de cirujanos, la aplicación de Da Vinci en la cirugía colorrectal es muy limitada, incluso con su engrapadora de muñeca Endo recientemente aprobada. Puede haber un nicho muy pequeño para ello, como la resección rectal anterior inferior profunda en la pelvis, y la anastomosis se puede lograr mediante el uso de una engrapadora circular transanal.

50

55

Las cirugías colorrectales mínimamente invasivas tradicionales incluyen las siguientes etapas: (1) diseccionar de manera cuidadosa para proporcionar una hemostasia adecuada y obtener acceso al tejido diana; (2) reparar (como en el tratamiento de una perforación) o desviar/eliminar una lesión (como en el cáncer colorrectal); (3) efectuar la

60

anastomosis de los extremos restantes del intestino; (4) regar las cavidades abdominal y pélvica, si está indicado; y (5) cerrar de manera adecuada la fascia y la piel. Cada una de estas etapas básicas tiene requisitos de diseño muy diferentes cuando se utiliza un sistema robótico. En la etapa de exploración, el sistema ideal proporcionaría un amplio intervalo de movimiento para identificar el tejido diana y para el uso óptimo de herramientas quirúrgicas. La segunda y la tercera etapa generalmente requieren un largo tiempo de operación y ejercen una gran cantidad de esfuerzo físico sobre el cirujano. Se necesita un sistema que mejore la destreza del cirujano y que brinde soporte para los brazos.

En resumen, el sistema robótico actual permite a los cirujanos de algunas disciplinas efectuar procedimientos de MIS (cirugía mínimamente invasiva) que de otro modo serían difíciles de efectuar. Sin embargo, se necesita una funcionalidad robótica más flexible, modular e inteligente para facilitar el uso de MIS asistidas por robot en el campo de la cirugía general. Existe una clara necesidad clínica de un sistema que no solo disminuya las barreras técnicas para efectuar los procedimientos de MIS, sino que también mejore el resultado quirúrgico y la eficiencia.

Varias patentes anteriores describen dispositivos destinados a ayudar al cirujano restringiendo los movimientos y brindando soporte. La Patente de los EE. UU. 5.397.323, titulada "Remote center-of-motion robot for surgery" y la Publicación de los EE. UU. 2009/0240259, titulada "System and methods for controlling surgical tool elements", describen sistemas que limitarían el movimiento de una herramienta con un grado remoto de libertad y permitirían el control robótico maestro-esclavo. El documento de los EE. UU. 2009/030449A1 "Medical manipulator and cleaning method for medical manipulator" describe un sistema robótico quirúrgico con una herramienta quirúrgica que se puede unir y separar de un adaptador de herramienta.

La Publicación de los EE. UU. 2007/0250078, titulada "Surgical manipulator", describe un dispositivo que puede colocar una herramienta quirúrgica y proporcionar retroalimentación háptica.

La Publicación de los EE. UU. 2012/0283747, titulada "Human-robot shared control for endoscopic assistant robot", describe un sistema de posicionamiento de brazo robótico que puede soportar un endoscopio que puede ser operado con procedimientos previamente cargados o de manera manual con una rigidez variable.

La Patente de los EE. UU. 6.239.784, titulada "Exo-skeletal haptic computer human/computer interface device", describe una interfaz háptica similar a un guante de exoesqueleto montada a mano que se puede usar para interactuar con las computadoras.

La Patente de los EE. UU. 6.413.229, titulada "Force-feedback interface device for the hand", describe una interfaz similar a un guante háptico que puede montarse de diferentes maneras y usarse para manipular objetos virtuales y físicos.

La Patente de los EE. UU. 5.954.692, titulada "Endoscopic robotic surgical tools and methods", describe una interfaz codificadora/robótica ponible que permite el control directo de los instrumentos quirúrgicos.

La Patente de los EE. UU. 8.188.843, titulada "Haptic device gravity compensation", describe un dispositivo de entrada háptica con compensación de gravedad.

La Patente de los EE. UU. 8.332.072, titulada "Robotic Hand Controller", describe un mando manual robótico con 8 grados de libertad con retroalimentación de fuerza.

La Publicación de los EE. UU. 2008/0009771, titulada "Exoskeleton", describe una estructura ponible con enlaces y articulaciones correspondientes al cuerpo humano. Los transductores en la estructura permiten el intercambio de movimiento e información entre la estructura y el usuario, y permiten el control del movimiento de la estructura.

El documento EP 0774329A, titulado "Telerobotic laparoscopic manipulator", describe una mano manipulable para su uso en cirugía laparoscópica que tiene una mano controlada de manera remota respecto del operador y que tiene al menos un dedo controlado.

La Patente de los EE. UU. 7.813.784, titulada "Interactive computer-assisted surgery system and method", describe un procedimiento y un sistema para proporcionar asistencia informática para efectuar un procedimiento médico.

La Patente de los EE. UU. 7.747.311, titulada "System and method for interactive haptic positioning of a medical device", describe una combinación de un dispositivo háptico y un sistema asistido por computadora para el posicionamiento háptico interactivo.

Sin embargo, ninguna de las referencias anteriores implica la utilización de las características de la presente descripción para efectuar una cirugía asistida por robot con el brazo robótico y el efector final atado al brazo del operador. Ninguno ha descrito una consola de control colocada en el brazo robótico ni un adaptador universal que mecanice herramientas endoscópicas. Además, ninguna de las referencias anteriores describe un sistema que permita un intercambio fácil entre los diferentes modos de operación: manual, maestro-esclavo y autónomo.

### **BREVE RESUMEN DE LA INVENCION**

Como se describió anteriormente, se necesita un sistema flexible y modular para integrar el sistema de asistencia robótica en la práctica quirúrgica estándar. La presente descripción aborda el flujo de trabajo y los desafíos ergonómicos del sistema de cirugía robótica existente al incorporar robots inteligentes como una extensión del exoesqueleto del brazo/mano del cirujano. La presente invención se refiere a un sistema robótico quirúrgico como se define en la reivindicación 1 independiente con realizaciones preferidas definidas en las reivindicaciones dependientes. Con el cirujano, el robot y la consola de control integrados juntos en el campo quirúrgico, el cirujano puede tener más control y conocimiento del entorno operativo, puede efectuar procedimientos siguiendo un flujo de trabajo de la naturaleza, puede encontrar una mejor visualización, precisión y destreza mediante el uso de herramientas robóticas, puede experimentar menos esfuerzo físico y puede mejorar la eficiencia y la seguridad de la cirugía al automatizar las tareas con asistencia robótica.

El espacio de trabajo de la presente descripción es fácilmente ajustable para albergar cirugías que requieren grandes áreas de trabajo, pero su movimiento también puede restringirse según el comando según sea necesario (por ejemplo, centro de movimiento remoto, solo movimiento de "muñeca", restricciones axiales). Cuando el cirujano lo solicite, el robot puede aprovechar los sensores del sistema para efectuar de forma autónoma varias tareas quirúrgicas que se beneficiarían de una mayor destreza y velocidad, como la anastomosis. A discreción del cirujano, el procedimiento automatizado puede detenerse, momento en el cual el cirujano puede hacerse cargo manipulando el robot usando el control maestro-esclavo.

En el modo de operación manual/maestro-esclavo, el cirujano puede utilizar un mando que imita el mango de una herramienta laparoscópica tradicional o puede utilizar una interfaz similar a un guante que vincula los movimientos de la mano a la herramienta. El mando puede estar al lado de la cama o estar unido al robot, y, usando varias técnicas de retroalimentación y control, como la retroalimentación háptica y la compensación de gravedad, el robot/mando puede reproducir la sensación de efectuar una cirugía laparoscópica manual. El robot también puede mejorar el control manual de la herramienta al soportar el peso del instrumento y el brazo del cirujano, eliminar temblores, proporcionar restricciones de movimiento estrictas, etc. El cirujano puede cambiar rápidamente entre este modo manual y el modo automatizado descrito anteriormente a fin de mejorar el rendimiento quirúrgico.

Las características de la presente descripción pueden permitirle al cirujano mejorar el rendimiento quirúrgico utilizando procedimientos quirúrgicos robóticos optimizados y automatizados cuando sea adecuado, y cambiando rápidamente a un control maestro-esclavo que mejore las capacidades manuales del cirujano cuando sea necesario. Las realizaciones descritas del dispositivo pueden incluir un brazo robótico con herramientas intercambiables con las que interactúa el robot a través de un adaptador universal. La herramienta puede ser una herramienta laparoscópica estándar, una herramienta modificada/motorizada, y/o una herramienta altamente especializada para procedimientos específicos. Para la interfaz de una herramienta laparoscópica tradicional, el robot puede venir con un accesorio que utiliza el adaptador universal y puede producir los movimientos necesarios para accionar la mayoría de las herramientas laparoscópicas (por ejemplo, agarrar el mango).

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Las características y ventajas de las realizaciones ejemplares se exponen con más detalle en la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos adjuntos.

La FIG. 1 muestra un ejemplo de una configuración de área quirúrgica en la que un cirujano puede efectuar cirugía colaborativa usando un adaptador de herramienta universal para técnicas híbridas.

La FIG. 2 muestra ejemplos de modos de operaciones disponibles.

La FIG. 3 muestra un ejemplo de un flujo de trabajo general para un modo de operación maestro-esclavo.

Las FIG. 4A-4C muestran conjuntos ejemplares de restricciones para un modo de operación maestro-esclavo.

La FIG. 5 muestra un ejemplo de un flujo de trabajo general para un modo de operación autónomo.

La FIG. 6 muestra una realización ejemplar donde el mando se une a un robot.

La FIG. 7 muestra una realización ejemplar donde el mando se separa de un robot.

La FIG. 8 muestra formas ejemplares del mando.

Las FIG. 9A y 9B muestran ejemplos de un soporte robótico para un cirujano.

La FIG. 10 muestra ejemplos de acciones de colaboración entre un robot y un cirujano.

La FIG. 11 muestra un ejemplo de un puerto de herramienta universal en un robot.

La FIG. 12 muestra ejemplos de herramientas que se pueden unir a un robot.

5 Las FIG. 13-15 describen una realización de la presente descripción como un adaptador de herramienta universal.

La FIG. 16 muestra un ejemplo de un adaptador de herramienta universal para herramientas modulares.

La FIG. 17 muestra un ejemplo de una herramienta modular de múltiples grados de libertad.

La FIG. 18 muestra un ejemplo de una herramienta manual modular con un efector final desenganchado del mango.

La FIG. 19 muestra un ejemplo de un efector final instalado en el adaptador de herramienta universal.

10 La FIG. 20 muestra un ejemplo del adaptador de herramienta universal que incluye una interfaz de paquete de motor.

La FIG. 21 muestra un ejemplo de un efector final modular que puede articularse a través de un motor del paquete de motor.

La FIG. 22 muestra un ejemplo de un paquete de motor multieje montado en el adaptador de herramienta universal.

15

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

Los objetos, ventajas y características del sistema robótico quirúrgico de control híbrido ejemplar descrito en esta invención serán evidentes para un experto en la materia a partir de la consideración de esta especificación, incluidos los dibujos adjuntos. En la siguiente descripción, se describen varias realizaciones y aspectos ejemplares opcionales que no forman parte de la invención, sino que se describen simplemente para ayudar a comprender la invención.

20

La FIG. 1 representa una configuración de área quirúrgica ejemplar. En una realización, se puede montar un robot (100) cerca del lecho operativo (101), de modo que el cirujano (102) pueda cambiar entre operación manual y operación robótica sin salir del lado de la cama. El cirujano puede usar el robot (100) con una mano a través de un adaptador de herramienta universal (110) y una herramienta manual (103) en la otra, o puede usar dos o más robots. En una realización, la herramienta manual (103) puede ser una herramienta laparoscópica.

25

En una realización, la FIG. 2 muestra modos de operación ejemplares disponibles cuando se utiliza este sistema: manual (200), maestro-esclavo de movimiento fino (201), maestro-esclavo de movimiento grueso (202) y autónomo (203). El cirujano puede optar por utilizar cualquiera de estos modos y puede cambiar entre ellos según corresponda.

30

En una realización, se muestra un flujo de trabajo general para el modo de operación maestro-esclavo fino y grueso en la FIG. 3. En este modo, el cirujano (300) puede interactuar con el mando (301) para controlar el robot quirúrgico (302). Las entradas del cirujano (303) en el mando pueden procesarse a través de una unidad de control (310), un procesador robótico y/o una computadora para generar una salida para el robot, que incluye: procesamiento de entrada (304) (por ejemplo, filtrado de temblor, escalado de movimiento), soporte físico (305) (por ejemplo, compensación de gravedad de herramienta, soporte de peso del brazo) y restricciones de movimiento (306) (por ejemplo zonas de exclusión aérea, centro de movimiento remoto). El conjunto de procedimientos de procesamiento a aplicar puede personalizarse para cada cirujano, o puede cambiarse sobre la marcha. Por ejemplo, si el cirujano quisiera mover el robot de un puerto de cirugía mínimamente invasivo a otro, el cirujano sacaría el robot con la restricción del centro de movimiento remoto actual en su lugar. Una vez que se elimina el robot, el cirujano eliminaría la restricción antes de moverla al otro puerto y, a continuación, impondría una nueva restricción de centro de movimiento remoto en el robot. A medida que el cirujano usa el robot para efectuar una cirugía en el paciente (307), tanto el cirujano como el robot pueden recibir retroalimentación sensorial (308) a través de uno o más sensores (309).

35

40

45

En una realización, el conjunto de control (310) puede procesar la entrada y/o condiciones de funcionamiento de al menos un brazo robótico del robot quirúrgico (302) para operar al menos un brazo robótico. El conjunto de control (310) puede ejecutar comandos para al menos un brazo robótico para compartir un espacio de trabajo y elementos quirúrgicos, que se describirán adicionalmente más adelante. Los elementos quirúrgicos pueden incluir al menos una herramienta quirúrgica manual, una herramienta quirúrgica robótica, una herramienta de electrocauterización y una pantalla del espacio de trabajo. En una realización, las entradas del cirujano (303), o las entradas de interacción del cirujano, pueden detectarse mediante sensores del al menos un brazo robótico del robot quirúrgico (302) y/o un mando de entrada. Los sensores pueden incluir un sensor de fuerza y/o un sensor de posición acoplado al al menos un brazo robótico y pueden usarse para detectar la entrada de un cirujano. Según las entradas de interacción del cirujano, el robot quirúrgico (302) puede operar en un modo totalmente automatizado o en un modo parcialmente automatizado. En una realización, la operación automatizada durante el modo totalmente automatizado o parcialmente automatizado puede interrumpirse o ajustarse debido a las entradas posteriores de interacción del cirujano. En una realización, el conjunto de control (310) puede incluir un conjunto central de procesamiento (CPU) y/o sistemas de circuitos para ejecutar comandos a fin de operar el robot en base a las entradas recibidas de uno o más de los sensores, las entradas

50

55

60

de interacción del cirujano y un programa operativo del robot quirúrgico (302).

Las FIG. 4A-4C muestran conjuntos de restricciones de movimiento de ejemplo en modo maestro-esclavo. La FIG. 4A muestra el modo de movimiento grueso sin restricciones, lo que puede permitir que el robot se mueva a cualquier ubicación en el área quirúrgica (400). Una vez que se ha establecido un puerto en el paciente, el robot puede pasar a otro conjunto de restricciones que se muestran en la FIG. 4B, que puede incluir un centro de movimiento remoto (401) y un límite de trabajo seguro (402). Si es necesario, el cirujano puede optar por cambiar al uso del control de motor fino, lo que limita adicionalmente (403) el movimiento del robot, como se muestra en la FIG. 4C.

- 10 En una realización, como se muestra en la FIG. 5, se proporciona un ejemplo de flujo de trabajo general para el modo de operación autónomo supervisado. En este modo, el cirujano (500) puede supervisar (501) el robot (502) ya que los movimientos del robot se generan automáticamente (503) en función de la información sensorial (504) y las restricciones (505) para efectuar un procedimiento quirúrgico de forma autónoma.
- 15 En una realización, el cirujano puede comenzar la cirugía sin el robot en modo manual, usando herramientas quirúrgicas manuales para efectuar las tareas que pueda. Una vez que el cirujano se fatiga o llega a un punto en el que el uso del robot sería más efectivo, puede llevar el robot al campo quirúrgico usando el modo de control de movimiento grueso maestro-esclavo. Desde aquí, el robot se puede cambiar entre control de movimiento grueso y fino, según la situación. Si el cirujano necesita efectuar una operación que requiere alta destreza en un área de trabajo pequeña, a continuación, puede emplear el control motor fino. Si el cirujano necesita hacer movimientos grandes, o necesita moverse a otra área de trabajo, a continuación, puede emplear el control motor grueso. Si el robot está programado para hacerlo, el cirujano también puede configurar el robot para efectuar tareas autónomas, especialmente aquellas tareas que requieren alta destreza y repetición, como las anastomosis. En cualquier momento durante la rutina autónoma, el cirujano puede interrumpir el robot y hacerse cargo de una de las dos configuraciones de control maestro-esclavo. Una vez que el cirujano determina que el robot ya no es necesario, puede alejarlo del campo quirúrgico y volver a operar manualmente.

En una realización, el cirujano puede interactuar con el robot a través de un mando que le permite controlar los movimientos del robot base, la orientación de la herramienta y cualquier grado de libertad que pueda tener la herramienta. La FIG. 6 muestra una realización del sistema donde el mando maestro-esclavo (600) está unido al robot (601), lo que permite al cirujano sentir que está controlando directamente las herramientas con el robot actuando como soporte. La FIG. 7 muestra una realización del sistema en el que el mando maestro-esclavo (700) está separado del robot (701), lo que permite al cirujano controlar el robot de forma más ergonómica y permite la escala de movimiento entre el mando y la salida del robot. En otra realización, el cirujano puede unir y separar el mando durante el curso de la cirugía (por ejemplo, unirlo para el control maestro-esclavo de movimiento grueso y separarlo para el control maestro-esclavo de movimiento fino). La FIG. 8 muestra ejemplos de formas de mando que pueden usarse para controlar una amplia gama de herramientas. Las formas del mando pueden incluir: una palanca de agarre (800), un mando de guantes ponible (801) y un mango de herramienta (802). En una realización, un mando puede estar unido de forma desenganchable a un extremo del robot, como se muestra en la FIG. 6. En una realización, el mando está configurado para unirse o separarse rápidamente del extremo del robot.

En una realización, se puede producir un modelo cinemático del brazo de un cirujano. También se puede producir una pose de brazo en función de la posición del efector final del robot en vista del modelo cinemático. El modelo cinemático y la pose del brazo se pueden proporcionar a un sistema quirúrgico robótico a fin de determinar la cantidad de compensación de gravedad requerida para el brazo del cirujano en diferentes lugares de trabajo. La cantidad de compensación de gravedad, en la forma de una fuerza dinámica del robot, aplicada contra el brazo del cirujano, puede ser suficiente para sostener el brazo y reducir la fatiga. En una realización, la compensación de gravedad puede permitir que el robot ejerza una fuerza contraria contra el brazo del cirujano de manera que el brazo se sienta sustancialmente sin peso sin obstaculizar los movimientos previstos del cirujano. En una realización, la compensación de gravedad puede permitir que el robot ejerza una fuerza contraria contra el brazo del cirujano y/o la herramienta quirúrgica unida. Las fuerzas aplicadas por el brazo del cirujano o la herramienta quirúrgica unida pueden incluir al menos fuerzas gravitacionales afirmadas por el brazo o la herramienta, respectivamente.

En una realización, como se muestra en las FIG. 9A y 9B, un cirujano (901) con su brazo unido a un brazo robot de 60 grados de libertad (902) usando su mano, muñeca o antebrazo. Para comenzar la calibración, un cirujano puede mover su brazo entre al menos dos posiciones y el robot registra estas posiciones con una o más articulaciones codificadas (903) del brazo robótico (902). Se puede proporcionar un sensor de fuerza (905) dentro o sobre el brazo del robot (902) para detectar una fuerza aplicada por el brazo del cirujano (901) a medida que se mueve entre las al menos dos posiciones. En una realización, el cirujano puede calibrar el robot moviendo su brazo dentro de un área que define un espacio de trabajo del cirujano. En una realización, el cirujano puede indicarle al robot cuando se ha alcanzado un

límite o un borde del espacio de trabajo. El cirujano puede, por ejemplo, enviar una señal al robot emitiendo un comando de voz, presionando un botón, alternando un interruptor, realizando un gesto predefinido de mano o brazo, presionando un pedal, etc. Esta señalización definirá un límite virtual para el robot en el espacio robótico.

5 Después de esta calibración, el robot puede calcular y definir un modelo cinemático del brazo del cirujano. Posteriormente, la posición del efector final del robot (904) puede trasladarse a la pose del brazo. La pose del brazo informará un modo de compensación de gravedad donde el brazo del cirujano se apoyará en una o más ubicaciones mediante una cantidad de fuerza adecuada para esa pose del brazo. Por ejemplo, un brazo extendido requiere más soporte que un brazo sostenido cerca del pecho. En una realización, la ubicación o las ubicaciones de soporte pueden  
10 incluir la muñeca, el antebrazo, el codo, el hombro u otros.

En una realización, el robot puede incluir una unidad de control, que puede incluir un procesador, una memoria principal y una memoria de acceso aleatorio para almacenar y ejecutar modos operativos, y para definir y almacenar parámetros de calibración. Por ejemplo, después de la calibración y otras definiciones de parámetros, el robot no necesitaría ser  
15 recalibrado para un cirujano y operación en particular.

Las FIG. 10A-10C muestran tareas que implican la colaboración entre el robot y el cirujano. Por ejemplo, los procedimientos de colaboración pueden incluir la definición de zonas de exclusión aérea, agarre de tejido, corte de tejido, disección de tejido, unión de tejido y/o retracción de tejidos. En una realización, un operador o cirujano puede  
20 proporcionar entradas, instrucciones o comandos al robot moviendo su mano, muñeca o antebrazo. En una realización, el robot puede detectar movimientos o fuerza del operador o cirujano a través de sensores de fuerza y/o posición del brazo robótico. En una realización, la entrada del operador o cirujano puede tener la forma de una entrada de interacción del cirujano a través de un mando. En una realización, la unidad de control puede ejecutar un comando para proporcionar retroalimentación háptica en respuesta a la entrada de interacción del cirujano desde el mando y/o  
25 en respuesta a una entrada o condición operativa detectada por al menos un sensor del robot.

En una realización, como se muestra en la FIG. 10A, un cirujano puede definir una zona de exclusión aérea volumétrica (1015) y/o una zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016). Como se muestra en la FIG. 10A, el tejido (1005) está en dos segmentos, y se dibuja un límite (1013) rastreando la herramienta de un cirujano (1002) en o alrededor  
30 de un área quirúrgica, o señalizando al robot, para definir una zona de exclusión aérea volumétrica general (1015). El robot puede aplicar esta zona de exclusión aérea volumétrica (1015) para evitar que la herramienta (1002) entre en la región. La herramienta del cirujano (1002) puede definir los bordes (1014) de una zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016) mediante el rastreo o señalización para el robot. La zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016) puede ser aplicada por el robot durante la operación. En una realización, como se muestra en la FIG. 10A, se  
35 puede aplicar una zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016) durante un procedimiento de agarre de tejido. En una realización, un mando puede estar conectado directa o indirectamente a la herramienta (1002). El mando puede recibir entradas de interacción con el cirujano, incluyendo el rastreo efectuado a través de la herramienta (1002) o la señalización, que pueden usarse para definir las zonas de exclusión aérea. En una realización, la zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016) puede incluir geometrías abstractas, incluyendo planos. En una  
40 realización, la zona específica de la tarea (1016) puede cambiar dinámicamente según una escena o tarea quirúrgica detectada que efectúa el robot o el cirujano.

En una realización, se puede proporcionar una pantalla de espacio de trabajo para representar los bordes, límites (1013) y otras entradas virtuales (1014) a medida que se seleccionan. En una realización, la pantalla del espacio de  
45 trabajo puede representar la zona de exclusión aérea volumétrica general (1015) y/o la zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016) una vez que el límite (1013) y/o el procedimiento de selección de bordes (1014) se ha completado. En una realización, la pantalla del espacio de trabajo puede estar conectada con el mando del robot, y el mando puede guardar y recuperar la zona de exclusión aérea volumétrica (1015) y/o una zona de exclusión aérea específica de la tarea (1016) al ejecutar varios modos de operación.

50 En una realización, como se muestra en la FIG. 10B, se puede usar una herramienta (1009) para emitir comandos dentro del espacio de trabajo. Por ejemplo, la herramienta de corte (1009) puede usarse para definir una línea de incisión planificada (1010) rastreando la herramienta de corte (1009) sobre el tejido (1005) y a lo largo de una trayectoria de corte deseada. A continuación, el robot puede tener en cuenta información sensorial adicional para  
55 ajustar y seguir la línea de incisión (1011) a fin de cortar tejido (1005), como se muestra en el panel inferior de la FIG. 10B. En una realización, la información sensorial se puede obtener a través de sensores de fuerza, ópticos y/o de posición del robot. En una realización, un mando puede estar unido directa o indirectamente a la herramienta (1009). El mando puede recibir entradas de interacción con el cirujano, incluyendo el rastreo efectuado a través de la herramienta (1009) o la señalización, que pueden usarse para definir las zonas de exclusión aérea (1010).

60

En una realización, las entradas de interacción del cirujano pueden incluir el trazado o dibujo en el espacio de trabajo con la herramienta (1009), donde la herramienta (1009) puede estar unida al mando, y el trazado o dibujo define parámetros de corte de tejido o disección de tejido a efectuar por el robot. A continuación, el robot puede efectuar el corte de tejido o la disección de tejido de manera automatizada, tomando en cuenta la información del sensor. En una

- 5 realización, la unión de tejido, que incluye procedimientos de sutura o recorte de tejido que pueden definirse usando entradas de interacción del cirujano. La entrada de interacción del cirujano puede incluir la selección de un área del espacio de trabajo usando el mando para indicar un área de tejido a unir. A continuación, el robot puede efectuar la unión del tejido de manera automatizada, tomando en cuenta la información del sensor.
- 10 En una realización, se puede proporcionar una pantalla de espacio de trabajo para representar la línea de incisión (1010) que está siendo rastreada por la herramienta de corte (1009). En una realización, la pantalla del espacio de trabajo puede ser una pantalla LCD o un panel de pantalla táctil. En una realización, la pantalla del espacio de trabajo puede ser una proyección de imagen que se proyecta directamente sobre un paciente o en una ubicación adecuada en la ubicación operativa. En una realización, el espacio de trabajo puede incluir al menos parcialmente una vista
- 15 endoscópica.

Al definir una línea de incisión planificada (1010), el robot puede efectuar un corte de manera automatizada o semiautónoma. En una realización, puede desearse un corte automatizado o semiautónomo en el caso de que un cirujano esté fatigado, o si se desea una gran destreza o repetición para el corte, por ejemplo. En una realización, el

- 20 mando del robot puede recibir la línea de incisión planificada (1010) y la información sensorial para ejecutar comandos a fin de dirigir la herramienta de corte (1009), a través de un brazo robótico, para cortar adecuadamente el tejido (1005).

En una realización, como se muestra en la FIG. 10C, un robot puede ayudar a agarrar el tejido de manera colaborativa.

- 25 El cirujano puede usar una pinza (1002) para mantener el tejido (1005) en su lugar. A continuación, el cirujano puede emitir una orden o una señal al robot para definir una posición planificada (1004) o un vector de fuerza planificado (1003). El robot puede mantener esta posición (1007) o fuerza constante (1006), en función de la posición planificada (1004) o el vector de fuerza planificado (1003), respectivamente. En una realización, se puede proporcionar un sensor de fuerza (1001) para detectar las fuerzas aplicadas en la punta de una herramienta cuando el cirujano emite el
- 30 comando para definir el vector de fuerza planificado (1003). En una realización, se pueden usar tanto una posición planificada (1004) como un vector de fuerza planificado (1003). La combinación de posición y/o La información de fuerza permite al robot colaborar con el cirujano y efectuar tareas para las cuales cada uno es adecuado. Al permitir que el robot mantenga una posición, el cirujano puede liberarse de tener que ejercer fuerza continuamente para mantener la posición de retención.

- 35 En una realización, como se muestra en la FIG. 11, un robot (1100) con un puerto de herramienta (1101) puede usarse para interactuar y controlar una variedad de herramientas quirúrgicas (1102). El puerto de herramienta (1101) del robot (1100) puede incluir uno o más contactos mecánicos y/o eléctricos para transmitir energía o datos. La FIG. 12 muestra diferentes tipos de herramientas con las que el robot puede interactuar. La herramienta puede ser una herramienta
- 40 especializada (1200) destinada a su uso en rutinas autónomas (por ejemplo, una herramienta optimizada para suturar en anastomosis autónoma), una versión de una herramienta laparoscópica estándar construida (1201) para interactuar con el robot (por ejemplo, una pinza motorizada o bisturí) o una herramienta laparoscópica manual (1202) unida a un adaptador de herramienta universal (1203) que se usa para accionar la herramienta. La herramienta puede tener un intervalo de accionamientos y grados de libertad, y no necesariamente tiene que utilizar todos los contactos mecánicos
- 45 o eléctricos que puedan estar disponibles en el robot.

Para facilitar un enfoque quirúrgico híbrido colaborativo, se puede montar un adaptador de herramienta universal en el puerto de herramienta del robot que permite una transición fácil de manual a maestro-esclavo y procedimientos autónomos. El adaptador de herramienta puede estar diseñado para albergar cualquier número de herramientas

- 50 manuales laparoscópicas diferentes y proporciona una plataforma capaz de mecanizar los grados de libertad y la actuación del efector final. En una realización, la FIG. 1 ilustra a un cirujano que realiza cirugía laparoscópica manual o teleoperada con un adaptador de herramienta universal (110). Al colocar la mano dentro del adaptador (110), el cirujano puede acceder al mango y los anillos de articulación de una herramienta manual mientras está bajo el soporte inteligente del brazo robótico (100). Si se necesita un control mecanizado, el cirujano puede retirar sus manos de la
- 55 herramienta manual y conectar la herramienta al adaptador de la herramienta. En una realización, se pueden proporcionar controles ubicados directamente en el adaptador de herramienta para permitir al cirujano teleoperar el robot mientras sigue manteniendo el soporte del brazo. El adaptador de herramienta universal (110) puede estar equipado con sensores de fuerza y torque a fin de proporcionar retroalimentación para la enseñanza de zonas de exclusión aérea, memoria de la herramienta, y/o planificación del camino con la estrategia híbrida colaborativa.

60

En una realización, las FIG. 13-15 muestran un adaptador universal ejemplar para herramientas (1300) que proporciona un grado de libertad para la rotación y otro para la operación, por ejemplo, corte o sujeción, como pinzas, porta agujas y tijeras. Una herramienta (1300) de este tipo puede consistir en un eje con diámetro estandarizado, un anillo giratorio para girar el eje, un mango estacionario y un mango móvil que activa una acción en la punta del eje, es decir, la sujeción o el accionamiento de tijera. El tamaño y la posición de los mangos pueden variar entre las diferentes herramientas, por lo que un adaptador universal debe poder configurarse para ajustarse al tamaño específico y las necesidades de motorización de la herramienta. En una realización, las herramientas (1300) pueden incluir una herramienta quirúrgica manual y/o una herramienta quirúrgica robótica. En una realización, las herramientas (1300) pueden incluir herramientas laparoscópicas y/o una herramienta de electrocauterización. En una realización, las herramientas (1300) pueden incluir herramientas quirúrgicas no modulares. En una realización, las herramientas (1300) pueden incluir herramientas quirúrgicas modulares.

En una realización, la herramienta (1300) se puede insertar en el adaptador (1301), colocándola en una funda de revólver (1310), que consiste en una manga cilíndrica (1311) hecha de dos mitades que se sujetan entre sí, una abrazadera de resorte (1312) que engancha una característica giratoria de la herramienta (1300) y un tornillo de pulgar (1313). La abertura cilíndrica de la funda (1310) está diseñada de modo que tiene un diámetro menor en comparación con la herramienta, a fin de proporcionar una fuerza de sujeción adecuada sobre la herramienta. La funda de revólver (1310) se puede cambiar para ajustarse al diámetro estandarizado específico de la herramienta (1300). La funda de revólver (1310) alinea la herramienta (1300) concéntricamente con un eje de rotación de la funda de revólver (1310). Antes de bloquear la herramienta (1300) en posición con el tornillo de pulgar (1313), la abrazadera de resorte (1312) empuja la herramienta axialmente hacia adelante hasta que el reborde de la función giratoria de la herramienta descansa contra el extremo de la funda de revólver (1310), colocando la herramienta (1300) en una posición axial y rotacional repetible.

En una realización, el adaptador (1301) puede comprender un miembro estacionario (1314) y un miembro móvil (1315) que gira alrededor de un punto de articulación (1350). El miembro móvil (1315) puede contener un conjunto de orificios de pasador. En una realización, el conjunto de orificios de pasador puede incluir una pluralidad de filas y columnas de orificios de pasador en el miembro móvil (1315). Al asegurar al menos un pasador de montaje en el miembro móvil (1315) a través de los orificios para pasadores, de modo que los pasadores estén dentro de un mango móvil de la herramienta (1300), los pasadores pueden engancharse a los lados del mango móvil. En una realización, el miembro móvil (1315) puede estar provisto de al menos dos pasadores de montaje asegurados a los orificios de pasador del miembro móvil (1315). Los al menos dos pasadores pueden interactuar con una parte interior del mango móvil. En una realización, los al menos dos pasadores de montaje pueden enganchar una porción móvil de la herramienta (1300) mientras que el miembro estacionario (1314) puede enganchar una porción fija de la herramienta (1300). En una realización, la herramienta (1300) puede ser una herramienta laparoscópica.

Al ajustar las posiciones de los pasadores, el adaptador (1301) puede albergar múltiples tamaños de herramienta y formas de herramienta. Una vez que la herramienta (1300) se coloca en el adaptador (1301), dos motores (1316, 1317) pueden accionar el grado de libertad de rotación y la otra operación, por ejemplo, corte o sujeción. Alternativamente, el grado de libertad de rotación puede implementarse con el brazo robótico. En una realización, el adaptador (1301) puede incluir una brida (1302) para unir de forma desmontable el adaptador (1301) a un brazo robótico de la presente descripción. En una realización, el adaptador (1301) está configurado para unirse y separarse rápida y fácilmente del brazo robótico. En una realización, al menos uno de los dos motores (1316, 1317) puede estar montado en el miembro estacionario (1314), estando conectado al menos uno de los dos motores (1316, 1317) con una porción giratoria de la herramienta (1300) para accionar la herramienta (1300).

En una realización, la FIG. 16 muestra un adaptador de herramienta universal ejemplar (1500) para herramientas modulares de múltiples grados de libertad. La FIG. 17 ilustra las características de una herramienta modular (1400). Las herramientas de este tipo pueden comprender un eje (1401) con un diámetro estandarizado, un anillo giratorio (1402) para girar el efector final, un collar de articulación (1403) que controla la flexión de la punta de la herramienta cuando se gira, un mango móvil (1404) que activa la función del efector final, es decir, agarrar o cortar, y una interfaz de conexión rápida (1405) para enganchar y desenganchar el efector final del mango. Debido a que las herramientas modulares tienen una geometría de efector final e interfaces de conexión rápida similares, el adaptador universal de herramientas puede albergar un conjunto completo de herramientas modulares. Además, se proporcionan varios ejes para controlar las herramientas de grado simple y múltiples grados de libertad.

En una realización, el efector final (1406) se puede desenganchar del mango modular (1407) de una herramienta modular (1400) manipulando la interfaz de conexión rápida (1405) como se muestra en la FIG. 18. Se puede quitar una tapa (1501) del adaptador de herramienta universal (1500) para exponer una interfaz de articulación (1502), donde el efector final modular (1406) se puede asentar dentro del adaptador de herramienta universal (1500). La interfaz de

articulación (1502) puede incluir crestas (1503) que se alinean con las ranuras de respuesta conjunta del collar de articulación (1403) para la orientación de la herramienta y la transmisión de torque. Una vez asentado, el efector final modular (1406) puede asegurarse dentro del adaptador de herramienta (1500) mediante el reemplazo y el ajuste de la tapa roscada (1501). En una realización, la herramienta modular (1400) se puede asegurar al adaptador de herramienta (1500) a través de al menos uno de los siguientes: pasadores, resortes o porciones roscadas. En una realización, la herramienta modular (1400) puede ser una herramienta laparoscópica.

En una realización, se puede presionar un botón de conexión rápida (1504) una vez que el efector final modular (1406) se ha asentado para enganchar una interfaz de accionamiento lineal con resorte (1505) que se muestra en las FIG. 19 y 20. El adaptador de herramienta universal (1500) puede incluir una interfaz de accionamiento (1505) accionable para traducirse a lo largo de una dirección axial del adaptador de herramienta (1500) a fin de controlar una función del efector final, es decir, agarre y corte.

En una realización, el accionamiento del efector final modular (1409) se puede lograr moviendo una etapa de traslación que empuja el eje de accionamiento del accionamiento (1408) del efector final modular (1406) hacia adelante, abriendo las mordazas del efector final modular (1409). A medida que se empuja el eje de transmisión, se comprime un resorte interno que ejerce presión sobre la interfaz de transmisión lineal (1505). Cuando se invierte el empuje, el resorte comprimido puede relajarse, devolviendo el eje de accionamiento de accionamiento (1408) a su estado inicial y cerrando las mordazas del efector final modular (1409). Esta acción puede repetirse para accionar el efector final de cualquier herramienta modular.

En una realización, la articulación del efector final modular (1406) se puede lograr girando un rotor de articulación (1506), que, a continuación, puede transmitir torque a un engranaje intermedio (1507) a través de un eje impulsor (1508). El engranaje intermedio (1507) puede enganchar y girar la interfaz de articulación (1502) del adaptador de herramienta universal (1500) y, por tanto, hace girar el collar de articulación (1403) del efector final modular (1406). A medida que se gira el collar de articulación (1403), un efector final (1409) puede doblarse entre 0 y 90°, como se muestra en la FIG. 21.

En una realización, como se muestra en la FIG. 22, se puede montar un paquete de motor multieje (1600) en el adaptador de herramienta universal (1500) para mecanizar una herramienta. El paquete de motor (1600) puede montarse en un sistema de posicionamiento robótico a través de una brida de montaje (1601). En una realización, se pueden proporcionar pasadores con resorte (1602) en al menos un motor giratorio (1603) para enganchar un rotor de articulación (1506) en el adaptador de herramienta universal (1500). Puede girarse al menos un motor giratorio (1603) a fin de transmitir una fuerza rotacional al rotor de articulación (1506). Puede usarse al menos un motor lineal (1604) a fin de transmitir una fuerza axial a la interfaz de accionamiento (1505).

En una realización, el paquete de motor multieje (1600) puede incluir una pluralidad de motores giratorios (1603) y/o una pluralidad de motores lineales (1604). En una realización, el paquete de motor multieje (1600) puede incluir una pluralidad de motores de rotación (1603) dispuestos simétricamente alrededor de un eje central del paquete de motor (1600). En una realización, un motor lineal (1604) puede estar dispuesto a lo largo del eje central del paquete de motor (1600). Al proporcionar un paquete de motor multieje (1600) con una pluralidad de motores giratorios (1603) y/o una pluralidad de motores lineales (1604), el paquete de motor multieje (1600) puede ser compatible con cualquier número de adaptadores de herramientas universales que tienen múltiples rotores de articulación y/o múltiples interfaces de accionamiento lineal, que a su vez pueden usarse para conducir efectores finales modulares con múltiples grados de libertad.

Las modalidades específicas descritas anteriormente se presentaron a modo de ejemplo y debe entenderse que a estas modalidades se les pueden introducir varias modificaciones y formas alternativas.

Como se usan en esta invención, los términos "comprende", "que comprende", "que incluye" e "incluye" deben interpretarse como inclusivos y abiertos. Específicamente, cuando se usan en esta invención, los términos "comprende", "comprende", "incluye", "incluye" y sus variaciones, significan las características, etapas o componentes especificados incluidos en las características descritas de la presente descripción. Estos términos no deben interpretarse como que excluyen la presencia de otras características, etapas o componentes.

Se entiende que el sistema robótico quirúrgico de control híbrido de la presente descripción no se limita a las realizaciones particulares descritas en esta invención, sino que abarca muchas formas modificadas de las mismas que están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema robótico quirúrgico, que comprende:
  - 5 al menos un brazo robótico (100; 900);  
al menos un sensor (309; 905; 1001);  
un conjunto de control (310); un mando (301); donde: el al menos un sensor está configurado para detectar una entrada o una condición operativa del al menos un brazo robótico; y  
10 el mando (301) está configurado para poder unirse y separarse del al menos un brazo robótico; y el conjunto de control (310) está configurado para procesar la entrada o la condición, y para operar al menos un brazo robótico en una pluralidad de modos de operación,  
donde el conjunto de control (310) ejecuta comandos para el al menos un brazo robótico, a fin de compartir un espacio de trabajo y los elementos quirúrgicos (1102);  
donde los elementos quirúrgicos (1102) incluyen al menos una herramienta quirúrgica manual (103; 1202);  
15 donde el sistema robótico quirúrgico comprende además un adaptador de herramienta quirúrgica (110; 1203; 1300; 1301; 1500);  
donde la herramienta quirúrgica manual se puede unir y separar del adaptador de herramienta quirúrgica a fin de proporcionar al menos un grado de actuación para el funcionamiento de la herramienta correspondiente a la herramienta quirúrgica manual;  
20 donde el adaptador de herramienta quirúrgica se puede controlar a través del al menos un brazo robótico o mediante operación manual;  
donde la herramienta quirúrgica manual es una herramienta quirúrgica no modular;  
donde el adaptador de herramienta quirúrgica incluye un miembro estacionario (1314) y un miembro móvil (1315) asegurado a la herramienta quirúrgica no modular; y  
25 donde el miembro móvil comprende una pluralidad de orificios para pasadores y al menos dos pasadores de montaje, los al menos dos pasadores de montaje se pueden reorganizar en la pluralidad de orificios para enganchar una porción móvil de la herramienta quirúrgica no modular con el miembro móvil (1315) .
2. El sistema robótico quirúrgico de la Reivindicación 1, donde los elementos quirúrgicos (1102) incluyen  
30 adicionalmente al menos una herramienta quirúrgica robótica, una herramienta de electrocauterización y una pantalla del espacio de trabajo.
3. El sistema robótico quirúrgico de la Reivindicación 1, donde la pluralidad de modos operativos comprende un modo totalmente automatizado y un modo parcialmente automatizado, y  
35 donde la unidad de control opera el al menos un brazo robótico en el modo totalmente automatizado o el modo parcialmente automatizado basado en una entrada de interacción del cirujano (303) desde un mando y/o información sensorial (504) para al menos un sensor.
4. El sistema robótico quirúrgico de la Reivindicación 2, donde la herramienta quirúrgica robótica está  
40 configurada para que se pueda unir y separar del adaptador de herramienta quirúrgica a fin de proporcionar al menos un grado de actuación para el funcionamiento de la herramienta quirúrgica robótica, y  
donde el adaptador de herramienta quirúrgica se puede controlar mediante al menos un brazo robótico o mediante operación manual.
- 45 5. El sistema robótico quirúrgico de la Reivindicación 4, donde la herramienta quirúrgica robótica es una herramienta quirúrgica modular,  
donde la herramienta quirúrgica modular está configurada para ser asegurada de forma motriz al adaptador de la herramienta quirúrgica a través de una interfaz de accionamiento lineal (1505), un rotor de articulación (1506), o un engranaje (1507) y  
50 donde la interfaz de accionamiento lineal (1505), el rotor de articulación (1506) o el engranaje (1507) son accionados por un motor giratorio (1603) o un rotor lineal (1604) interconectado con el adaptador de herramienta quirúrgica.
6. El sistema robótico quirúrgico de la reivindicación 1 o 4, donde el adaptador de herramienta quirúrgica incluye un paquete de motor (1600) que tiene al menos un motor giratorio (1603) o lineal (1604), estando el paquete  
55 de motor conectado de manera motriz a la herramienta quirúrgica robótica, y la herramienta quirúrgica robótica se acopla de manera desmontable al adaptador de herramienta a través de al menos uno de los pasadores, resortes o porciones roscadas.

**FIG. 1**

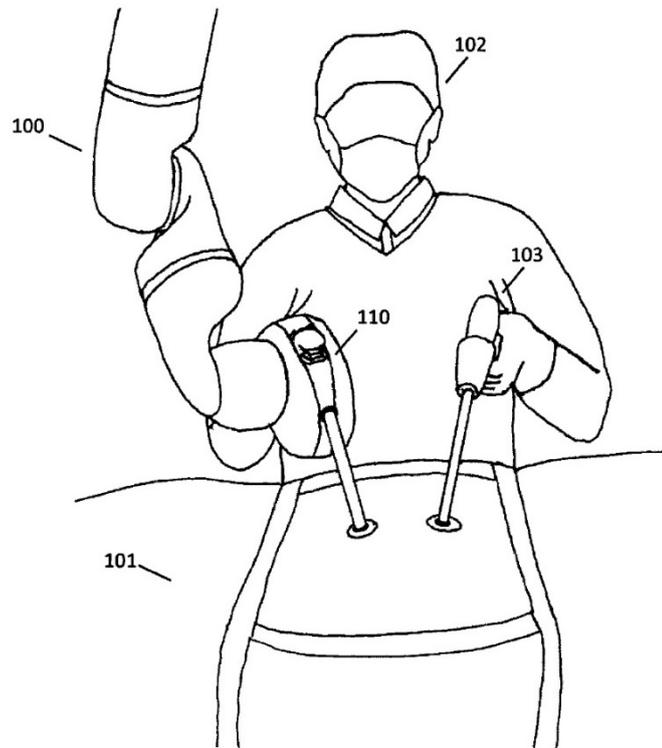


FIG. 2

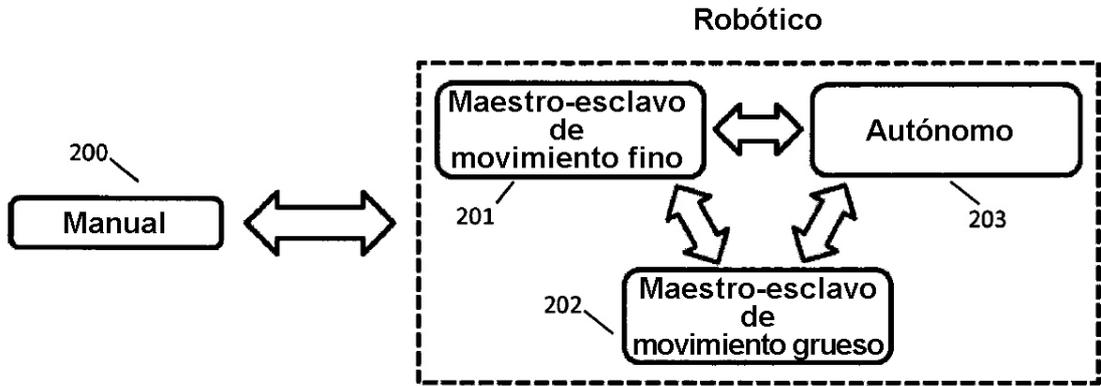


FIG. 3

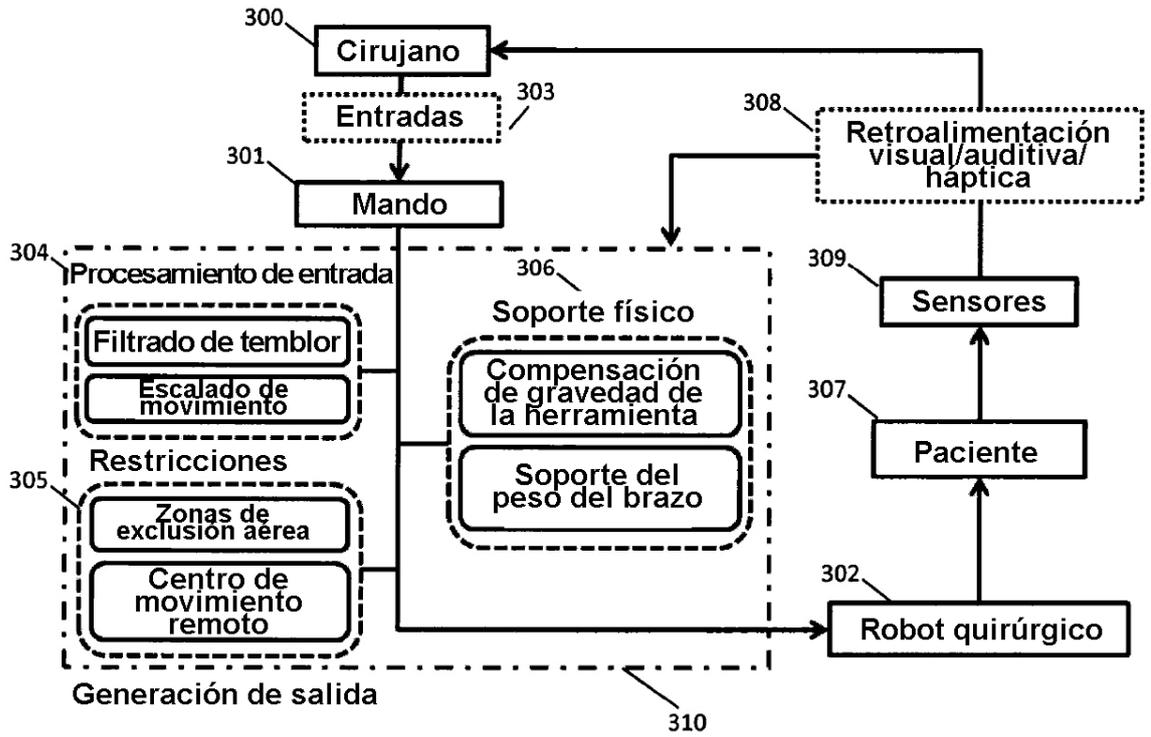


FIG. 4A

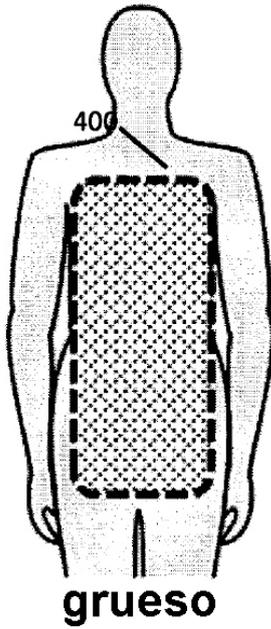


FIG. 4B

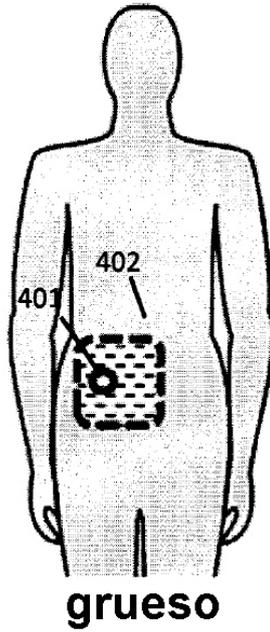


FIG. 4C

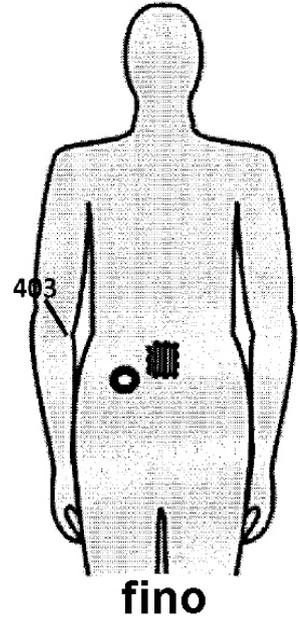


FIG. 5

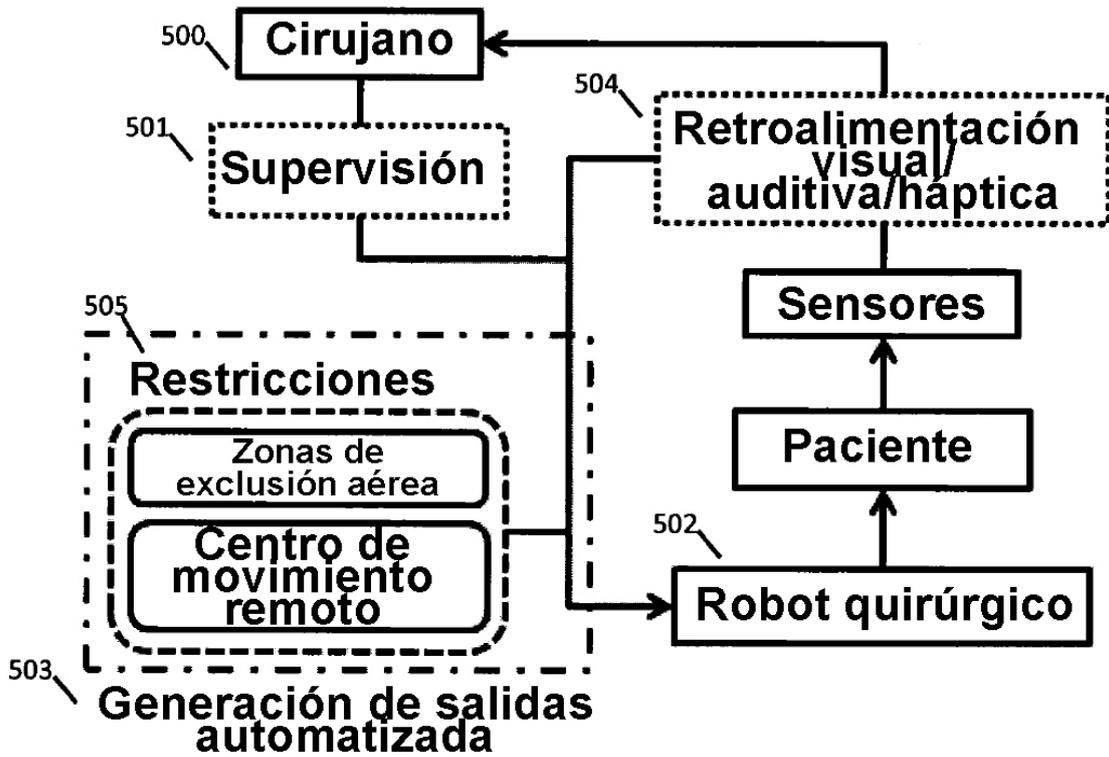


FIG. 6

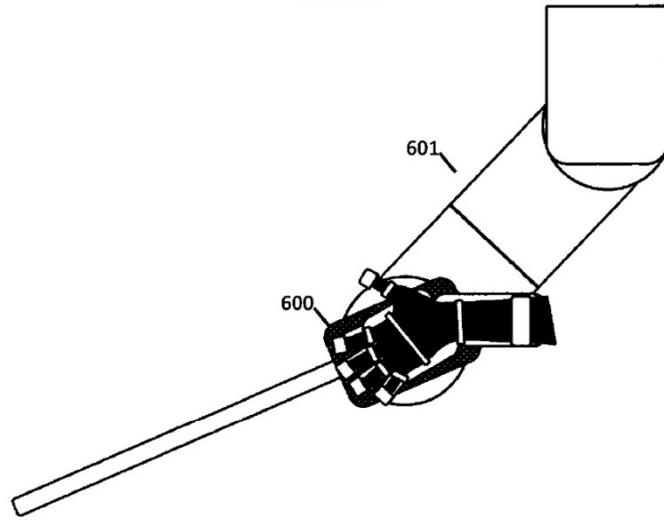


FIG. 7

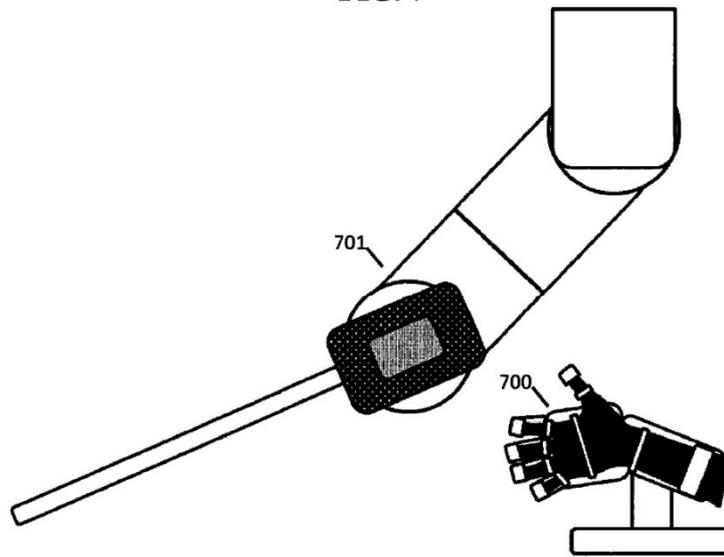


FIG. 8

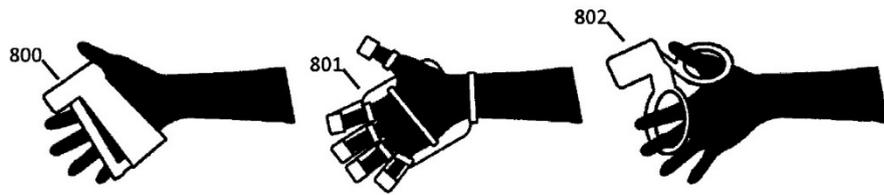


FIG. 9A

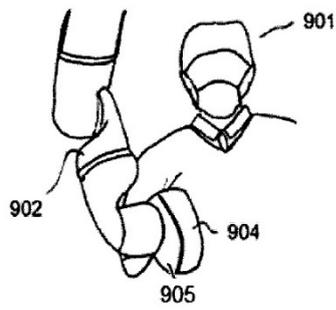


FIG. 9B

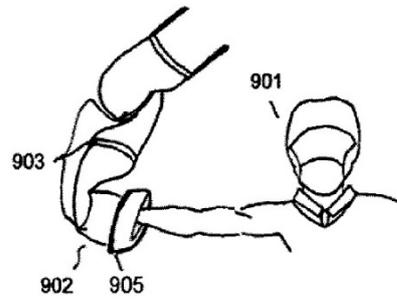


FIG. 10A

FIG. 10B

FIG. 10C

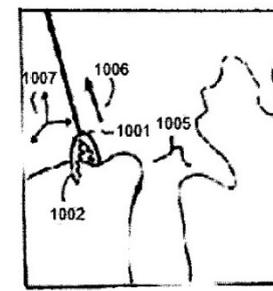
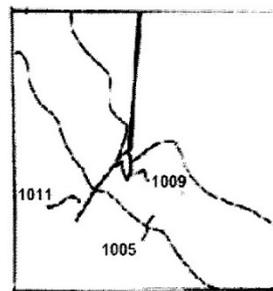
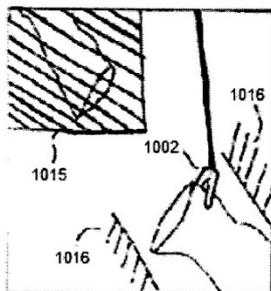
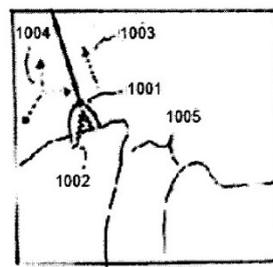
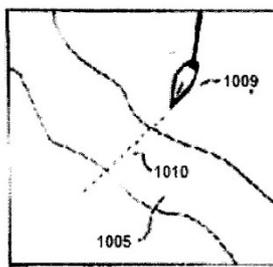
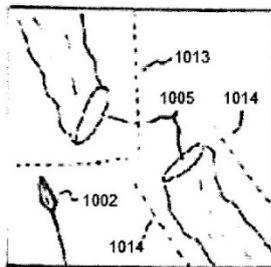


FIG. 11

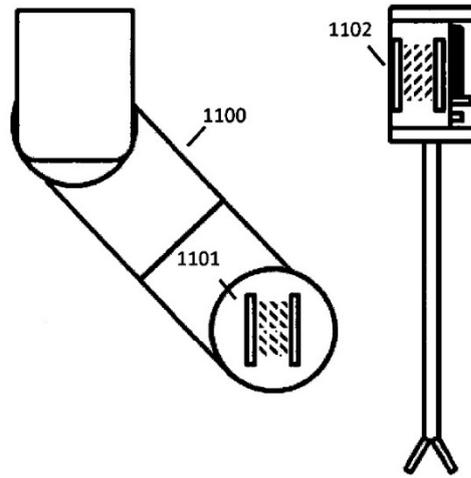


FIG. 12

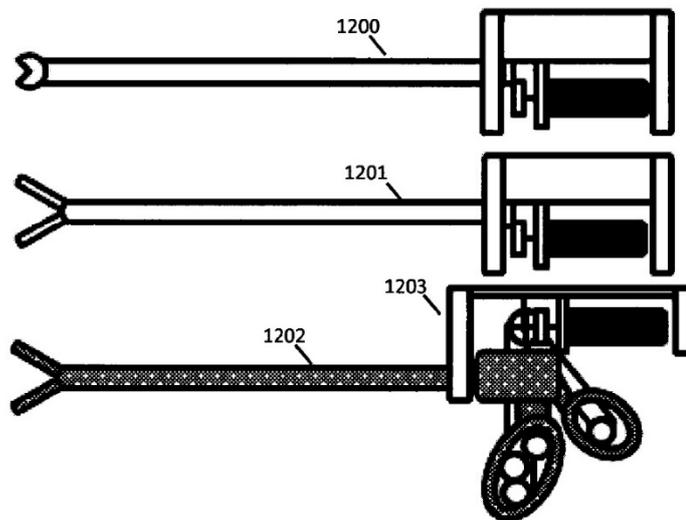


FIG. 13

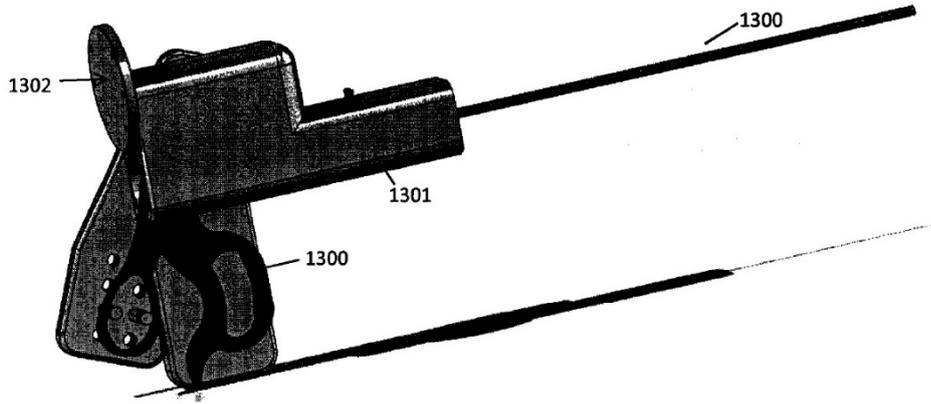
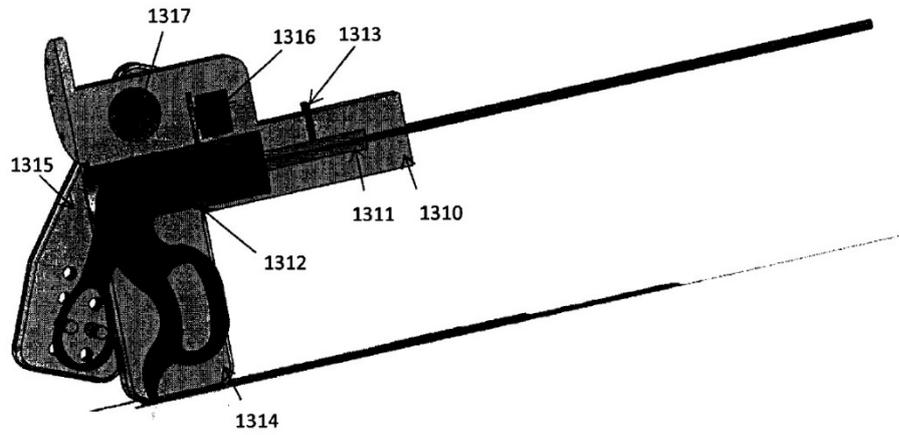


FIG. 14



**FIG. 15**

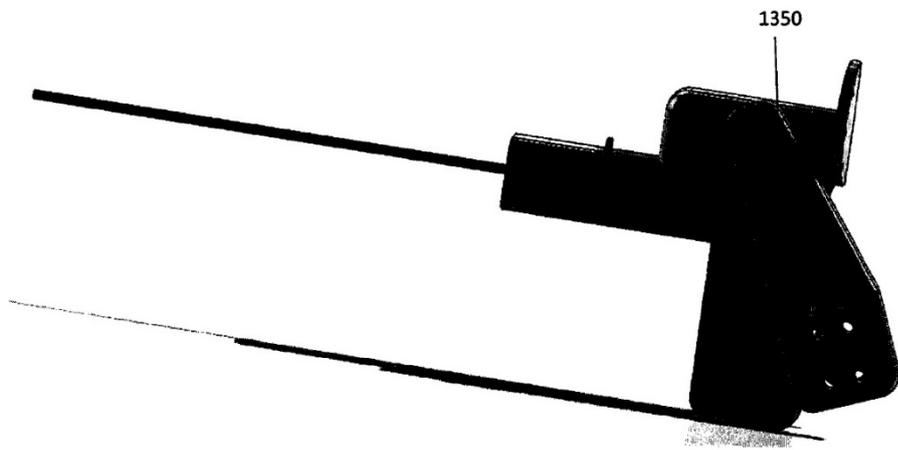


FIG. 16

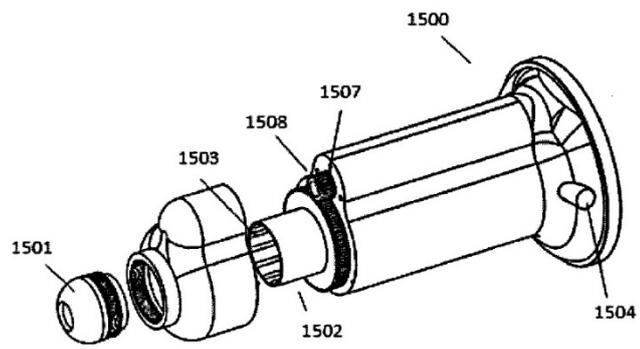


FIG. 17

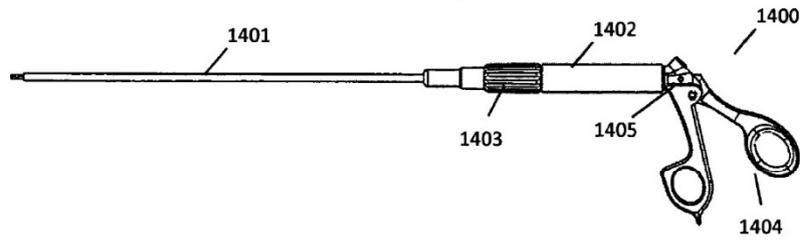


FIG. 18

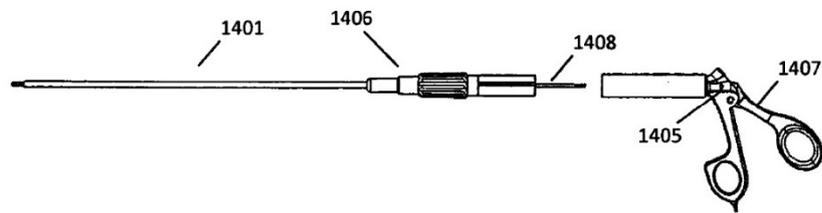


FIG. 19

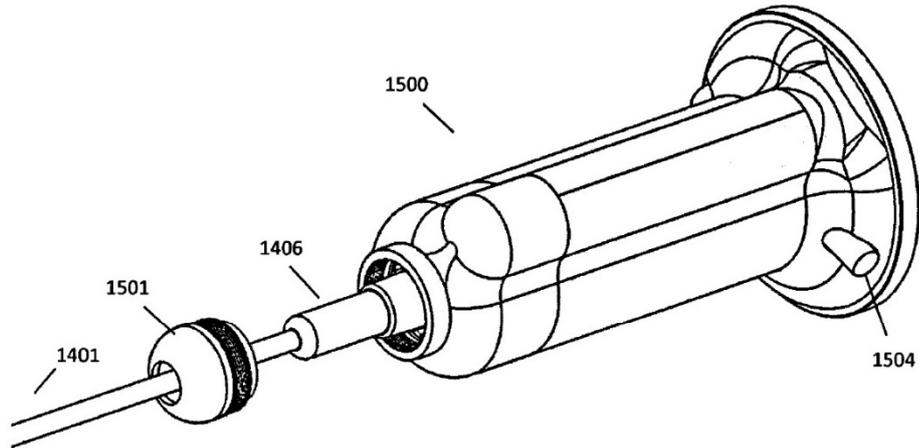
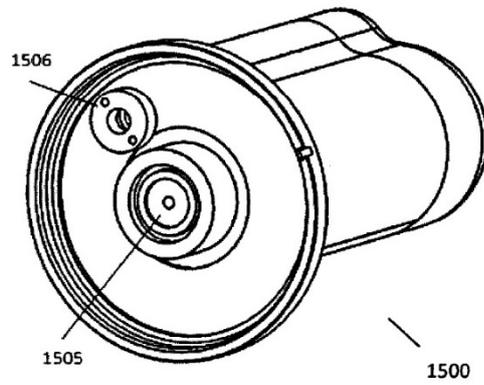
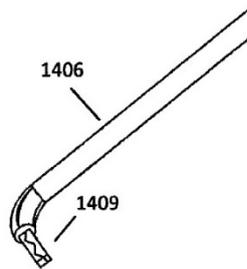


FIG. 20



**FIG. 21**



**FIG. 22**

