



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 941**

51 Int. Cl.:  
**A61B 17/32** (2006.01)  
**A61B 19/00** (2006.01)  
**A61B 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07251342 .7**  
96 Fecha de presentación : **28.03.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1839599**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.10.2007**

54 Título: **Sistema quirúrgico ultrasónico.**

30 Prioridad: **29.03.2006 US 392040**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**24.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**24.06.2011**

73 Titular/es: **Ethicon Endo-Surgery, Inc.**  
**4545 Creek Road**  
**Cincinnati, Ohio 45242, US**

72 Inventor/es: **Houser, Kevin L.;**  
**Donofrio, William T. y**  
**Stulen, Foster B.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 361 941 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 quirúrgico ultrasónico.

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a instrumentos quirúrgicos ultrasónicos y, más particularmente, a instrumentos quirúrgicos ultrasónicos que tienen unos efectores extremos para cortar y coagular el tejido. La presente solicitud también se refiere a sistemas quirúrgicos robóticos y, más particularmente, a sistemas quirúrgicos robóticos usados con instrumentos quirúrgicos ultrasónicos.

**Antecedentes de la invención**

10 Los cirujanos usan instrumentos ultrasónicos en cirugía para cortar y coagular el tejido. Unos elementos piezoeléctricos son excitados eléctricamente a una frecuencia resonante de un instrumento ultrasónico para crear vibraciones que son transmitidas a través de un resonador y amplificadas para producir una vibración por onda estacionaria y mecánica de la misma frecuencia. Un conjunto de transmisión de ultrasonidos del instrumento tiene un guíaondas de transmisión, alargado, que transmite esta vibración hasta un efector extremo (p. ej., una cuchilla de corte) en la punta distal del instrumento. Un ejemplo de un instrumento quirúrgico por ultrasonido es la Lanza de Coagulación *Harmonic Scalpel® Laparasonic®*, comercializada por Ethicon Endo-Surgery, Inc., de Cincinnati, Ohio.

15 En años recientes, se han desarrollado y usado sistemas quirúrgicos robóticos mínimamente invasivos para determinados procedimientos quirúrgicos que incluyen los procedimientos de injerto de derivación aortocoronaria y de colecistectomía. Los sistemas robóticos proporcionan una cantidad de beneficios prometedores que reducen generalmente la habilidad quirúrgica requerida para llevar a cabo determinados procedimientos quirúrgicos, ya que aumentan la destreza y eliminan el temblor de la mano. Los sistemas robóticos también permiten a los cirujanos llevar a cabo los procedimientos en una localización remota, en donde remota se entiende como cualquier zona del paciente situada a "más de un brazo de distancia". Un ejemplo de un sistema quirúrgico robótico es el DAVINCI, que es comercializado por Intuitive Surgical Inc., de Mountain View, California.

25 La Patente Estadounidense N° 6.783.524 (Publicación de Solicitud N° 2002/0177843 A1), de Anderson y otros, titulada "Herramienta Quirúrgica Robótica con Cauterización por Ultrasonido e Instrumento de Corte" da a conocer un instrumento quirúrgico por ultrasonido montado en un brazo móvil de un sistema quirúrgico robótico tal como el DAVINCI. El procedimiento dado a conocer para mejorar la cirugía robótica incluye generalmente acoplar el instrumento al sistema quirúrgico robótico, colocar un efector extremo del instrumento en contacto con el tejido en una zona de cirugía y suministrar una energía de ultrasonido al tejido. En general, el sistema robótico dado a conocer permite al cirujano controlar directamente los movimientos y la actuación del instrumento desde una localización remota. El documento US 6.325.808 B1 da a conocer un sistema robótico que comprende una herramienta quirúrgica, una base de acoplamiento y un controlador programado conectado operativamente a la base de acoplamiento de manera que el movimiento de la herramienta quirúrgica pueda ser controlado de manera colaborativa tanto activamente por el controlador como manualmente por el cirujano.

35 Sin embargo, pese a tales avances en la tecnología quirúrgica, aún es necesaria una habilidad considerable por parte de los cirujanos para ejecutar determinadas etapas de ciertos procedimientos quirúrgicos. Por ejemplo, para coagular por ultrasonido un vaso sanguíneo tal como el conducto cístico de la vesícula biliar, el cirujano puede presionar una superficie relativamente extensa de la cuchilla ultrasónica contra el conducto, aplicar una ligera fuerza de sujeción sobre el conducto y barrer con el efector extremo ultrasónico el interior de una zona de tratamiento en el conducto mientras se aplica un nivel intermedio de energía ultrasónica. Luego, para cortar el conducto, el cirujano puede presentar un borde de la cuchilla ante el conducto, aplicar una elevada fuerza de sujeción mientras mantiene la cuchilla estacionaria y aplicar un elevado nivel de energía ultrasónica. El cirujano puede repetir varias veces estas etapas durante un procedimiento quirúrgico a un paciente.

45 Para reducir el tiempo en que se llevan a cabo determinados procedimientos quirúrgicos y para mejorar los resultados quirúrgicos, a los cirujanos les gustaría emplear diversas técnicas que normalmente no resultan prácticas al usar los sistemas quirúrgicos actuales. Por ejemplo, a muchos cirujanos les gustaría tener una manera de aplicar sobre el tejido una fuerza de sujeción rápidamente pulsante mientras aplican energía ultrasónica para agitar y/o hacer circular los fluidos en el tejido para acelerar la desecación de fluidos, acortando así el tiempo de coagulación del tejido. A los cirujanos también les gustaría tener una manera de aplicar consistentemente el nivel correcto de potencia de la energía ultrasónica para una duración correcta, principalmente para evitar lesiones tales como daños térmicos laterales al tejido, pero también para acelerar el procedimiento al tiempo que se aseguran que el sellado del tejido sea hemostático. Los cirujanos dependen en gran medida de sus sentidos físicos para estimar la fuerza de sujeción sobre el tejido y el nivel/duración de la potencia de la energía ultrasónica que debe aplicarse sobre el tejido. Obviamente, una parte de esta retroalimentación sensorial se ve en gran medida disminuida si el cirujano está usando un sistema quirúrgico robótico y está separado del paciente.

Claramente, puede ser muy difícil, por no decir imposible, que un cirujano lleve a cabo un pluralidad de tareas quirúrgicas de manera bien coordinada, cuyas tareas pueden incluir, por ejemplo, barrer con la cuchilla ultrasónica el tejido, rotar la cuchilla, pulsar la fuerza de sujeción y aplicar energía ultrasónica a varios niveles de potencia.

- 5 Por consiguiente, existe una necesidad de un sistema quirúrgico ultrasónico en el cual determinadas tareas puedan llevarse a cabo automática y consistentemente, reduciendo por lo tanto el nivel de habilidad requerido por el cirujano para llevar a cabo las tareas, mejorando los resultados quirúrgicos, reduciendo el tiempo del procedimiento quirúrgico y mejorando adicionalmente la capacidad para efectuar procedimientos quirúrgicos remotamente.

### **Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un sistema quirúrgico ultrasónico según lo reivindicado más adelante.

- 10 Los aspectos y otros aspectos del sistema quirúrgico ultrasónico para cortar y coagular ultrasónicamente el tejido de un paciente durante un procedimiento quirúrgico se harán aparentes a partir de la siguiente descripción, los dibujos que la acompañan y las reivindicaciones adjuntas.

### **Breve descripción de las figuras**

La FIGURA 1 es una vista en perspectiva de un aparato quirúrgico robótico de la técnica anterior;

- 15 La FIGURA 2 es una vista en perspectiva de una herramienta quirúrgica ultrasónica de la técnica anterior para su uso en el aparato quirúrgico robótico mostrado en la Fig. 1;

La FIGURA 3 es una vista superior en corte de un instrumento quirúrgico ultrasónico de acuerdo con un aspecto, en la cual el instrumento incluye una unidad de actuación motorizada para operar un efector extremo;

- 20 La FIGURA 4 es una vista en perspectiva de la porción distal del instrumento quirúrgico ultrasónico mostrado en la Fig. 3;

La FIGURA 5 es un diagrama de bloques que muestra un sistema quirúrgico ultrasónico de acuerdo con un primer aspecto, el cual está representado por bloques de líneas continuas, y de acuerdo con un segundo aspecto, el cual está representado por todos los bloques;

La FIGURA 6 es una vista lateral de la porción distal del instrumento mostrado en la Fig. 4;

- 25 La FIGURA 7 es una vista superior de la porción distal del instrumento mostrado en la Fig. 4;

La FIGURA 8 es una vista en sección transversal, tomada por la línea 8-8 de la Fig. 7, del instrumento mostrado en la Fig. 4;

La FIGURA 9 es un gráfico que representa una potencia ultrasónica aplicada a un efector extremo ultrasónico frente al tiempo, durante un ciclo operativo ejemplar, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico;

- 30 La FIGURA 10 es un gráfico que representa un ángulo de un elemento de sujeción del efector extremo frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico;

La FIGURA 11 es un gráfico que representa una posición lateral del efector extremo frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico;

- 35 La FIGURA 12 es un gráfico que representa una posición longitudinal del efector extremo frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico;

La FIGURA 13 es un gráfico que representa una posición rotacional de una cuchilla del efector extremo frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico;

- 40 La FIGURA 14 es un gráfico que representa la potencia ultrasónica aplicada en el efector extremo frente al tiempo, durante el ciclo operativo de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico y es el mismo gráfico que el mostrado en la Fig. 9;

La FIGURA 15 es un gráfico que representa una retroalimentación de la medida de una fuerza de sujeción del efector extremo sobre el tejido frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico;

- 45 La FIGURA 16 es un gráfico que representa una retroalimentación de una impedancia eléctrica medida, frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico; y

La FIGURA 17 es un gráfico que representa una retroalimentación de una impedancia acústica medida, frente al tiempo, durante el ciclo operativo, de acuerdo con un aspecto del sistema quirúrgico ultrasónico.

### **Descripción detallada de la invención**

5 La siguiente descripción se refiere a un sistema quirúrgico ultrasónico y a un método para llevar a cabo un procedimiento quirúrgico de acuerdo con una subrutina quirúrgica automatizada. Dicho método no forma parte de la invención. El sistema y el método pueden ser particularmente útiles para cortar y coagular ultrasónicamente tejido blando en un paciente, pero el sistema y el método también pueden ser adaptados a otros tipos de procedimientos quirúrgicos. Un cirujano puede iniciar la subrutina quirúrgica durante un procedimiento quirúrgico para llevar a cabo una pluralidad de tareas quirúrgicas simultáneamente y/o de manera coordinada, en el cual las tareas quirúrgicas pueden incluir barrer el tejido con una cuchilla ultrasónica del instrumento, rotar la cuchilla, accionar un elemento de sujeción, aplicar diversos niveles de potencia de energía ultrasónica y obtener señales de retroalimentación asociadas a las prestaciones del instrumento.

15 El sistema quirúrgico ultrasónico a describir en el presente documento puede incluir, o ser usado en conjunto con, un aparato quirúrgico robótico tal como el sistema DAVINCI (Intuitive Surgical, Inc.) de la técnica anterior mostrado en la Fig. 1. El aparato robótico, designado generalmente por el número 10, es dado a conocer en la Patente Estadounidense N° 6.783.524 mencionada anteriormente. El aparato robótico 10 incluye una estación de control 12 y una base quirúrgica de trabajo 20. La estación de control 12 incluye un módulo 14 de representación de imágenes para representar una imagen de la zona quirúrgica, un soporte 16 sobre el que un/una operador/a puede descansar sus antebrazos y un espacio 18 en el cual están situados dos dispositivos de control principal (no representados).  
20 Cuando está usando la estación de control 12, un/a cirujano/a puede sentarse en una silla enfrente de la estación de control 12, ver la zona quirúrgica a través del módulo 14 de representación visual y agarrar los controles principales, uno en cada mano, mientras descansa los antebrazos en el soporte 16.

25 La estación de control 12 está generalmente acoplada a la base quirúrgica de trabajo 20 de manera que las órdenes de los dispositivos de control principal pueden ser transmitidas hasta la base quirúrgica de trabajo 20. La base quirúrgica de trabajo 20 es móvil y puede estar situada adyacente a un paciente de cirugía. La estación de control 12 puede estar situada a una gran distancia de la base quirúrgica de trabajo 20, pero típicamente la estación de control 12 está situada en la misma sala de operación que la base quirúrgica de trabajo 20.

30 De acuerdo con diversos aspectos, la base quirúrgica de trabajo 20 puede incluir al menos tres conjuntos de brazo robótico 22, 26, 27 (también denominados brazos móviles), uno de los cuales puede estar configurado para sujetar un dispositivo 24 de captura de imágenes y los otros pueden estar configurados para sujetar unos instrumentos quirúrgicos 28. El acoplamiento de la base quirúrgica de trabajo 20 a la estación de control 12 generalmente permite al módulo 14 de representación visual representar una imagen capturada por el dispositivo 24 de captura de imágenes y el control de los brazos móviles 22, 26, 27.

35 Los instrumentos quirúrgicos 28 típicamente incluyen un vástago alargado para el acceso endoscópico hasta la zona quirúrgica dentro del paciente, en los cuales el vástago tiene un efector extremo distal adaptado para una tarea quirúrgica particular. Los instrumentos 28 pueden estar montados de manera desmontable en unos mecanismos tipo muñeca en los brazos móviles 22, 26, 27 de manera que un/a cirujano/a pueda usar la estación de control 12 para mover cada instrumento 28 en diversas direcciones (es decir, los brazos 22, 26, 27 tienen una pluralidad de grados de libertad).

40 La FIGURA 2 es una vista en perspectiva de un aspecto alternativo del instrumento quirúrgico 28 mostrado en la Fig. 1 y está descrito en detalle en la Patente Estadounidense N° 6.783.524. Este aspecto, designado generalmente con el número 30, incluye una base 32 para instrumento que tiene una cubierta 34. El instrumento 30 también incluye un vástago 36 que se extiende distalmente desde la base 32 para instrumento a lo largo del eje 38 del instrumento. El vástago 36 incluye una funda exterior 40. Un efector extremo 42 está acoplado con el extremo distal del vástago 36 e incluye una cuchilla ultrasónica 44 que casa cooperativamente con una pinza 46. Un transductor ultrasónico 48 está montado en el extremo proximal de la base 32 y un cable 50 de potencia/control puede estar conectado operativamente a un generador quirúrgico ultrasónico convencional, tal como el generador *Auto Sonix*® (no representado), fabricado por United States Surgical Corporation de Norwalk, Connecticut.

50 Mientras está sentado/a en la estación de control, un/a cirujano/a puede introducir y posicionar la porción distal del instrumento 30 dentro de una cavidad de un paciente y manipular y tratar ultrasónicamente tejidos de la misma. Mientras está sentado/a en la estación de control 12, el/la cirujano/a puede conducir el efector extremo 42 hasta la zona quirúrgica dentro del paciente, accionar el efector extremo 42 para sujetarlo al tejido y energizar la cuchilla 44 para cortar y coagular el tejido.

55 La FIGURA 3 es una vista superior en corte de un instrumento quirúrgico ultrasónico 52 que puede ser sostenido por un/a cirujano/a o estar montado de manera desmontable en un brazo móvil de un aparato robótico. El

instrumento 52 puede incluir una estación 54 y un vástago alargado 56 que se extiende distalmente desde la estación 54. Un efector extremo 58 en el extremo distal del eje 56 puede incluir un elemento de sujeción 62 (también denominado garra) y una cuchilla ultrasónica 60. La Fig. 4 es una vista detallada en perspectiva de un efector extremo 58. La cuchilla 60 está conectada operativamente por medio de un guíaondas 66 (Fig. 3) a un transductor ultrasónico 64 que se extiende desde el extremo proximal de la estación 54. El transductor 64, el guíaondas 66 y la cuchilla 60 pueden ser similares en configuración y en operación ultrasónica a los conjuntos de transmisión ultrasónica dados a conocer en los conjuntos anteriormente referenciados. El transductor 64 puede estar adaptado para rotar sobre un eje central 68 con respecto al elemento de sujeción 62, permitiendo por lo tanto que el elemento de sujeción 62 se sujete a diversas porciones de superficie de la cuchilla 60 por razones que se describirán a continuación.

El instrumento 52 puede incluir una unidad de actuación 81 que tiene un conjunto 80 de transmisión de fuerza y un conjunto 70 de rotación de cuchilla. El conjunto 80 de transmisión de fuerza permite el movimiento controlado eléctricamente del elemento de sujeción 62 en una dirección indicada por la flecha "C". El conjunto 70 de rotación de cuchilla permite la rotación controlada eléctricamente de la cuchilla 60 sobre el eje 68 en cualquier dirección, tal como muestra la flecha "R". Estos movimientos pueden ser controlados directamente por el/la cirujano/a o de manera automatizada tal como será descrito.

En un aspecto, el conjunto 80 de transmisión de fuerza puede incluir un primer motor eléctrico 82 conectado operativamente a un control remoto (no representado). El conjunto 80 puede incluir un primer mecanismo motriz 87 que engancha operativamente el motor 82 a una funda exterior 57 del eje 56, de manera que la actuación eléctrica del motor 82 mueva la funda exterior 57 en una dirección distal o proximal, dependiendo de la dirección de rotación del motor 82. El extremo distal de la funda exterior 57 puede estar conectado operativamente al elemento de sujeción 62, de manera que la traslación distal de la funda exterior 56 mueva el elemento de sujeción 62 hacia la cuchilla 60 y la traslación proximal de la funda 57 aleje el elemento de sujeción 62 de la cuchilla 60. El mecanismo motriz 87 puede incluir cualquier cantidad de mecanismos convencionales para convertir la rotación del motor 82 en la traslación de la funda exterior 57. Tal como se muestra en la Fig. 3, el mecanismo motriz 87 puede incluir un tornillo de avance 84 sujeto al motor 82 y que está enganchado operativamente a un seguidor 86 que está sujeto al extremo proximal de la funda exterior 57 y guiado entre unas pistas 89 formadas en la estación 54.

Aún en referencia al aspecto mostrado en la Fig. 3, el conjunto 70 de rotación de cuchilla puede incluir un segundo motor eléctrico 70 conectado operativamente a un control remoto (no representado). El conjunto 70 puede incluir un segundo mecanismo motriz 77 que engancha operativamente el motor 72 al transductor ultrasónico 64, de manera que la actuación eléctrica del motor 72 haga que el transductor 64 rote en cualquier dirección sobre el eje 68, rotando por lo tanto el guíaondas 66 y la cuchilla 60 sobre el eje 68. Un cable 90 de potencia/control se extiende proximalmente desde el transductor 64 y puede estar conectado operativamente a una interfaz de usuario (no representada) tal como será descrito. El segundo mecanismo motriz 77 puede incluir cualquiera de entre una cantidad de mecanismos convencionales para convertir la rotación del motor 72 en la rotación del transductor 64. Tal como se muestra en la Fig. 3, el mecanismo motriz 77 puede incluir un engranaje de piñón 74 sujeto al motor 72 y que engancha con un engranaje recto 76 sujeto al transductor 64. El motor 72 puede ser actuado eléctricamente de manera que el transductor 64 rote +/- 180 grados sobre el eje 68 a medida que el cable 90 gira de manera flexible en cualquier dirección.

El primer y el segundo motores 72, 82 pueden ser seleccionados de entre un gran número de servomotores de CC disponibles comercialmente u otro tipo de motores que cumplan los numerosos requisitos del sistema, incluyendo rotación bidireccional del eje, suficiente modulación del par y de la velocidad de rotación, control por microprocesador, tamaño y coste.

Tal como se muestra en la Fig. 4, la porción distal del instrumento 58 y el conjunto de transmisión ultrasónico correspondiente pueden ser similares a los dados a conocer en la Patente Estadounidense Nº 5.954.736, de Bishop y otros, titulada "Aparato de Coagulación Con Posicionamiento Rotacional Graduado". El instrumento 58 puede ser accionado ultrasónicamente por un generador ultrasónico (no representado) tal como el modelo número GEN04 comercializado por Ethicon Endo-Surgery, Inc., Cincinnati, OH.

En otro aspecto del instrumento 52, el conjunto 80 de transmisión de fuerza para la actuación remota del elemento de sujeción 62 puede ser provisto por un dispositivo de agarre 82 de un instrumento 80 como el dado a conocer en la patente Estadounidense Nº 6.783.524, columna 15, línea 29.

El instrumento quirúrgico 52 y sus diversos aspectos pueden estar incluidos en un sistema quirúrgico ultrasónico 100 mostrado en la Fig. 5. El sistema 100 puede ser usado de acuerdo con una o más subrutinas quirúrgicas automatizadas para la ejecución coordinada de una pluralidad de tareas quirúrgicas durante un procedimiento quirúrgico en un paciente.

En la Fig. 5, un primer aspecto del sistema 100 está representado por los bloques de línea continua y un segundo

aspecto está representado por todos los bloques. Un cirujano o un operador pueden usar el sistema 100, por ejemplo, para coagular y cortar automáticamente tejido de acuerdo con una subrutina quirúrgica predeterminada. Toda la subrutina quirúrgica, o partes de la misma, pueden ser programadas por el operador en el sistema 100 antes del procedimiento quirúrgico. Alternativamente, toda la subrutina quirúrgica, o partes de la misma, pueden estar ya programadas en el sistema 100.

El sistema 100 generalmente puede incluir una interfaz 102 de usuario, una unidad de control programable 104, una unidad ultrasónica 106, una unidad de posicionamiento 108 y una unidad 110 de actuación. La unidad ultrasónica 106 puede incluir un generador ultrasónico 112 y un instrumento quirúrgico ultrasónico 114. (En la siguiente descripción del sistema 100, las referencias al efector extremo, la cuchilla y el elemento de sujeción pueden ser aplicadas al efector 58, la cuchilla 60 y el elemento de sujeción 62 mostrados en la Fig. 4, aunque muchos otros tipos de efectores extremos ultrasónicos pueden ser también adaptados para su uso con el instrumento 114). La unidad de posicionamiento 108 puede incluir un brazo móvil 116 para posicionar y orientar el instrumento 114 en la zona quirúrgica del paciente. La unidad de actuación 110 puede incluir un conjunto 118 de transmisión de fuerza para operar el elemento de sujeción 60 en el instrumento 114 y un conjunto 120 de rotación de cuchilla para rotar una cuchilla ultrasónica del instrumento 114 sobre un eje central. El sistema 100 puede incluir, o ser usado en conjunto con, un aparato robótico tal como el aparato robótico 10 mostrado en la Fig. 1. Alternativamente, el sistema 100 puede ser usado sin dicho aparato robótico, requiriendo en su lugar que el cirujano sostenga y sitúe el instrumento quirúrgico ultrasónico de manera convencional y luego inicie la subrutina quirúrgica automatizada para llevar a cabo determinadas tareas quirúrgicas.

La interfaz 102 de usuario puede incluir una caja de control (no representada) con uno o más controles para operar remotamente el instrumento 114, un monitor (no representado) conectado operativamente a un endoscopio u otro tipo de dispositivo de captura de imágenes para representar visualmente una imagen de la zona quirúrgica, y uno o más controles para iniciar y terminar una subrutina quirúrgica automatizada que esté programada en la unidad de control 104. La interfaz 102 de usuario puede estar situada remotamente o cerca del paciente. Alternativamente, toda la interfaz 102 de usuario, o parte de la misma, puede estar situada en el instrumento 114 o en otros componentes del sistema 100.

La unidad de control programable 104 puede incluir un microprocesador programable con al menos una subrutina quirúrgica para llevar a cabo una o más tareas quirúrgicas simultáneamente y/o de manera coordinada. La subrutina puede controlar automáticamente una o más tareas quirúrgicas, incluyendo movimientos de la cuchilla, energización de la cuchilla, actuación del elemento de sujeción y respuestas a las señales de retroalimentación. La duración de la subrutina está definida en la presente solicitud como un ciclo operativo, que puede variar, por ejemplo, entre una fracción de segundo y varios segundos.

La unidad de control 104 puede estar provista de una o más subrutinas pre-programadas en el microprocesador, de manera que el/la cirujano/a pueda seleccionar e iniciar una subrutina, por ejemplo, accionando un control en la interfaz 102 de usuario antes o durante el procedimiento quirúrgico. Por ejemplo, el cirujano puede especificar que un vaso sanguíneo con un diámetro aproximado de 3mm ha de ser coagulado y cortado. La subrutina dirigirá entonces automáticamente el instrumento para proporcionar un nivel particular de potencia de energía ultrasónica durante un periodo particular de tiempo, para efectuar un barrido con la cuchilla ultrasónica por encima del tejido y accionar el elemento de sujeción de acuerdo con un procedimiento de tratamiento efectivo conocido. Alternativamente, la unidad de control 104 puede incluir cualquier cantidad de dispositivos de entrada de datos convencionales que permitirán al cirujano programar el microprocesador antes de llevar a cabo un procedimiento quirúrgico. Tales dispositivos permitirían la entrada de datos usando, por ejemplo, un disquete, un dispositivo de memoria flash o tecleando datos ante las instrucciones indicadas por un programa de software y representadas visualmente en el monitor.

El generador ultrasónico 112 de la unidad ultrasónica 106 puede ser un generador ultrasónico convencional tal como el generador GEN04 (Ethicon Endo-Surgery, Inc.). El instrumento 114 puede estar conectado operativamente al generador 112 y montado de manera desmontable en el brazo móvil 116 de la unidad de posicionamiento 108. El instrumento 114 puede ser uno cualquiera de los aspectos del instrumento quirúrgico ultrasónico 30 mostrado en la Fig. 2 y el instrumento quirúrgico ultrasónico 52 mostrado en las Figs. 3 y 4, o uno equivalente a los mismos. Un/a cirujano/a puede operar la interfaz 102 de usuario para controlar el movimiento del brazo 116 para posicionar el efector extremo del instrumento 114 en la zona quirúrgica.

Tal como se ha observado anteriormente, el aparato robótico 10 (Fig. 1) puede estar adaptado para posicionar el instrumento 114 y accionar el efector extremo del instrumento 114. La unidad de control 104 puede estar conectada operativamente al aparato 10 de manera que la unidad de control 104 controle el aparato robótico 10 para mover el instrumento 114 de acuerdo con la subrutina quirúrgica. Por ejemplo, la subrutina puede dirigir el brazo móvil del aparato 10 para efectuar un barrido con la cuchilla ultrasónica del instrumento 114 lateralmente (de lado a lado) y/o longitudinalmente al tiempo que se aplica potencia ultrasónica al tejido para proporcionar un margen hemostático

mayor. O la subrutina puede dirigir el aparato 10 para accionar reversiblemente el elemento de sujeción del instrumento 114 una cantidad de veces por segundo mientras la cuchilla es energizada ultrasónicamente para mejorar la calidad de la soldadura del tejido.

La unidad de posicionamiento 108 puede incluir otros tipos de mecanismos motorizados para producir movimientos finos laterales y/o longitudinales de la cuchilla ultrasónica y para accionar el elemento de sujeción del instrumento 114 mientras la cuchilla es energizada ultrasónicamente. Por ejemplo, diversos tipos de motores eléctricos, solenoides eléctricos, actuadores neumáticos, actuadores hidráulicos, mecanismos actuados eléctricamente de aleación de níquel/titanio con memoria de forma y otros dispositivos pueden ser incorporados al instrumento 114 y conectados operativamente a la unidad de control 104 para posicionar y accionar el instrumento 114 de acuerdo con la rutina quirúrgica. Adicionalmente, el instrumento 114 puede ser sujetado manualmente y la unidad de posicionamiento 108, en vez de un aparato robótico, puede ser un/a cirujano/a u otro operador humano.

El conjunto 118 de transmisión de fuerza de la unidad de actuación 110 acciona el elemento de sujeción del instrumento 114 para aplicar una fuerza modulada sobre el tejido sujeto contra la cuchilla ultrasónica de acuerdo con la subrutina quirúrgica. El conjunto 118 de transmisión de fuerza puede incluir componentes de transmisión de fuerza del brazo móvil 116 de la unidad de posicionamiento 108, en el cual los componentes de transmisión de fuerza están acoplados mecánicamente al instrumento 114 para accionar el elemento de sujeción tal como se describe en las Patentes Estadounidenses Nº 6.783.524 y 6.352.532 mencionadas anteriormente. Alternativamente, el conjunto 118 de transmisión de fuerza puede incluir uno o más componentes montados, por ejemplo, dentro del instrumento 114 tal como se ha descrito para el instrumento 52 de la Fig. 3.

El conjunto 120 de rotación de cuchilla puede ser similar al conjunto 80 de rotación de cuchilla mostrado en la Fig. 3. El conjunto 120 de rotación de cuchilla rota la cuchilla ultrasónica sobre el eje central de manera que el tejido puede ser sujetado contra diversas porciones de superficie de la cuchilla. Por ejemplo, una primera porción de superficie puede ser relativamente plana para coagular una zona extensa de tejido, mientras que una segunda porción de superficie puede tener un borde relativamente afilado para aplicar energía ultrasónica a una zona estrecha de tejido y cortar el tejido. El comienzo de la subrutina quirúrgica puede dirigir la cuchilla para presentar la primera porción de superficie contra el tejido para crear una zona extensa de tejido coagulado en un vaso sanguíneo, por ejemplo, y el final de la subrutina quirúrgica puede dirigir la cuchilla para presentar la segunda porción de superficie hacia el tejido para que corte a través del centro de la zona coagulada extensa.

Adicionalmente a los actuadores de motor eléctrico, otros tipos de actuadores que pueden ser adaptados para su uso en el conjunto 118 de transmisión de fuerza y en el conjunto 120 de rotación de cuchilla incluyen, por ejemplo, actuadores electromagnéticos de bobina, actuadores hidráulicos y actuadores neumáticos.

Un segundo aspecto de un sistema quirúrgico ultrasónico 100, representado por los bloques de la Fig. 5, incluye los elementos del primer aspecto y, adicionalmente, un sistema 122 de retroalimentación. El sistema 122 de retroalimentación puede incluir al menos un sensor 122 para medir un parámetro adicional asociado con las prestaciones operativas del sistema quirúrgico ultrasónico durante el ciclo operativo.

En un aspecto, el sistema 122 de retroalimentación puede incluir un sensor 126 de fuerza que mide la fuerza de sujeción mecánica del elemento de sujeción. El sensor 126 de fuerza puede ser cualquiera de diversos sensores de fuerza conocidos en la técnica, incluyendo un medidor de tensión o un sensor piezoeléctrico montado en el elemento de sujeción sobre un componente transmisor de fuerza (no representado) del conjunto 118 de transmisión de fuerza. El sensor 126 de fuerza puede estar conectado eléctricamente a la unidad de control 104, que puede procesar una señal de retroalimentación procedente del sensor 126 de fuerza durante el ciclo operativo. La unidad de control 104 puede entonces aumentar el nivel de potencia ultrasónica, la fuerza de sujeción y/o los movimientos de la cuchilla de acuerdo con la subrutina quirúrgica y en base a la retroalimentación de la fuerza. La unidad de control 104 también puede detener la subrutina quirúrgica si se excediera una fuerza predeterminada para evitar lesiones al paciente o daños al instrumento 114.

El sensor 126 de fuerza puede activar la unidad de control 104 para ordenar a la unidad 110 de actuación que suministre al tejido sujeto entre el elemento de sujeción y la cuchilla uno cualquiera de una pluralidad de perfiles de fuerza frente a tiempo de sujeción. Por ejemplo, la subrutina quirúrgica puede ordenar la actuación del elemento de sujeción para que proporcione una fuerza discreta particular durante una o más porciones del ciclo operativo. La fuerza discreta puede ser impulsada o aplicada repetitivamente a una frecuencia de aproximadamente 1-10 Hertzios en un aspecto, por ejemplo. Alternativamente, la subrutina quirúrgica puede dirigir la actuación del elemento de sujeción para que proporcione un perfil de fuerza ascendente y/o descendente o un perfil de fuerza parabólico durante el ciclo operativo. Alternativamente, puede aplicarse una fuerza relativamente ligera mientras la cuchilla barre una zona de tratamiento en el tejido y/o rota sobre el eje central durante la coagulación del tejido. Luego, puede aplicarse una fuerza relativamente elevada para cortar el tejido por la mitad de la zona de tratamiento.

En otro aspecto, el sistema 122 de retroalimentación puede incluir un circuito 128 de medición de impedancia eléctrica para medir la impedancia eléctrica del tejido que está siendo tratado por medio del efector extremo durante el ciclo operativo. Debido a que la impedancia eléctrica del tejido vivo típicamente aumenta a medida que el tejido es coagulado, la medición de la corriente eléctrica a través del tejido según está siendo tratado ultrasónicamente proporciona una indicación del nivel de coagulación. El elemento de sujeción y la cuchilla, al ser ambos conductores eléctricos, pueden estar conectados eléctricamente a un circuito de medición de impedancia de manera que la corriente que pasa a través del tejido que está sujeto entre el elemento de sujeción y la cuchilla pueda ser monitorizada por la unidad de control 104. En un aspecto, la subrutina quirúrgica puede ser programada, por ejemplo, de manera que cuando la impedancia eléctrica alcance una magnitud predeterminada, la potencia ultrasónica sea apagada y la subrutina sea detenida.

En otro aspecto, el sistema 122 de retroalimentación puede incluir un circuito 130 de medición de impedancia acústica, tal como es conocido en la técnica, para medir la impedancia acústica del tejido que está siendo tratado ultrasónicamente. La impedancia acústica puede estar caracterizada como la capacidad de un material para conducir una onda de sonido. Generalmente, a medida que la impedancia acústica aumenta, la velocidad del sonido a través del material disminuye. A medida que el tejido es coagulado, la elasticidad del tejido disminuye y la densidad del tejido aumenta, disminuyendo por lo tanto la impedancia acústica. El circuito 130 de medición de la impedancia acústica puede estar situado físicamente dentro del generador 112 de la unidad ultrasónica 106. La unidad de control 104 puede procesar una señal de retroalimentación procedente del circuito 130 y modificar o detener la subrutina quirúrgica en base a la retroalimentación acústica.

En otro aspecto más, el sistema 122 de retroalimentación puede incluir un sensor 132 de temperatura y un circuito de medición de temperatura (no representado). El sensor 132 de temperatura puede estar montado en, o cerca de, el efector extremo del instrumento 114 para medir la temperatura de la cuchilla o el elemento de sujeción, el tejido tratado, un objeto cercano al tejido tratado o un fluido que rodee el tejido tratado. El sensor 132 de temperatura puede ser un termopar, un termistor, un sensor de temperatura por infrarrojos o uno cualquiera de los diversos sensores de temperatura diferentes conocidos en la técnica. Las señales de retroalimentación de la temperatura pueden ser transmitidas a la unidad de control 104, que puede procesar la señal para modificar o detener la subrutina quirúrgica.

Cualquier combinación de los aspectos anteriormente mencionados del sistema 122 de retroalimentación puede ser incluida en el sistema quirúrgico ultrasónico 100 para transmitir señales de retroalimentación hasta la unidad de control 104, de manera que la unidad de control 104 pueda procesar las señales durante el ciclo operativo y responda de acuerdo con la subrutina quirúrgica.

Las Figs. 6-8 ilustran ejemplos de los movimientos del efector extremo que pueden ser automatizados mientras la cuchilla del instrumento 114 es energizada ultrasónicamente de acuerdo con la subrutina quirúrgica. Estos movimientos pueden incluir el ajuste del ángulo del elemento de sujeción, el posicionamiento lateral del efector extremo en la dirección del eje x, el posicionamiento longitudinal del efector extremo en la dirección del eje z, y la rotación de la cuchilla sobre el eje z. El posicionamiento lateral y longitudinal del efector extremo es también denominado "barrido". Estos movimientos serán definidos en la presente solicitud dado que pueden pertenecer al efector extremo 58 mostrado en la Fig. 4, pero también son aplicables a otros efectores extremos ultrasónicos que tengan sólo una cuchilla y un elemento de sujeción. Para efectores extremos que sólo tengan una cuchilla y no tengan un elemento de sujeción, los movimientos de rotación de la cuchilla y el ajuste del ángulo del elemento de sujeción quedan excluidos.

La Fig. 6 es una vista lateral de la porción distal del instrumento 52 de la Fig. 4 y muestra el eje z y el eje y del sistema de coordenadas posicionados en un origen 142. El eje central 68 se extiende a través del eje 56 y está situado a lo largo del eje z. El elemento de sujeción 62 se sujeta de modo pivotante al eje 56 en un pivote 140 y puede estar situado en un ángulo "A" del elemento de sujeción con respecto a la cuchilla 60. El ángulo A del elemento de sujeción puede ser ajustado remotamente, por ejemplo, para que varíe aproximadamente en el rango entre 0 y 60 grados por la actuación parcial del elemento de sujeción 62. Cuando el elemento de sujeción 62 es accionado para que se mueva en una dirección de acercamiento hacia la cuchilla 60, el elemento de sujeción 62 sujeta el tejido situado entre una porción dentada 144 y una cuchilla 60 con una fuerza de sujeción media "F" perpendicular al elemento de sujeción 62 y cercana al centro de la porción dentada 144. Cuando el ángulo A del elemento de sujeción es aproximadamente cero, tal como cuando se sujeta un tejido fino, la fuerza de sujeción media F está dirigida aproximadamente a través del origen 142.

La Fig. 7 es una vista superior de la porción distal del instrumento 52 mostrado en la Fig. 2 y muestra el origen 142, el eje z y el eje y del sistema de coordenadas. En determinadas situaciones, un/a cirujano/a puede preferir tratar una zona extensa de tejido para, por ejemplo, proporcionar unos márgenes seguros de tejido coagulado para una hemostasis apropiada. El/la cirujano/a puede tratar ultrasónicamente tejido en una zona de tratamiento 146 (también denominada zona central de tratamiento) definida en la dirección lateral del eje x por "+DX" y "-DX" y en la

dirección longitudinal del eje z por "+DZ" y "-DZ" con respecto al origen 142.

El efector extremo 58 puede barrer lateralmente y/o longitudinalmente dentro de la zona de tratamiento 146 mientras la cuchilla 60 es energizada ultrasónicamente a un bajo nivel de potencia y el ángulo A del elemento de sujeción es mantenido en una abertura deseada. Alternativamente, la cuchilla 60 puede ser energizada a un nivel de potencia elevado mientras el ángulo A del elemento de sujeción está cerca de cero y se aplica una fuerza de sujeción elevada al tejido. La fuerza de sujeción también puede ser aplicada repetidamente, tal como por impulsos rápidos, a medida que la cuchilla 60 es energizada, para agitar y hacer circular los fluidos del tejido en la cercanía del sitio de aplicación de la energía. Tal como los expertos en la técnica reconocerán, existen muchas combinaciones diferentes de sujeción, energización y barrido que pueden ser usadas para tratar diversos tipos de tejido en los muchos tipos diferentes de situaciones quirúrgicas.

La Fig. 8 es una vista del efector extremo 58 en sección transversal tomada por la línea 8-8 de la Fig. 7 cuando el ángulo A del elemento de sujeción es cero. La cuchilla 60 puede incluir una primera superficie 148, una segunda superficie 150, una tercera superficie 152, una cuarta superficie 154 y una quinta superficie 156, definiendo entre sí un perfil 15 de la cuchilla. La Fig. 5 muestra un aspecto del perfil 160 de la cuchilla que puede resultar particularmente útil, por ejemplo, para transeccionar el conducto cístico de la vesícula biliar durante una colecistectomía. El perfil 160 de la cuchilla puede tener otras muchas formas geométricas que dependen de la aplicación quirúrgica y otros requisitos del instrumento.

En referencia a las Figs. 6 y 8, la cuchilla 14 puede rotar sobre el eje z de manera que cualquiera de las superficies 148, 150, 152, 154, 156 o un borde entre las superficies pueda interaccionar con el elemento de sujeción 62 mientras un tejido está sujeto entre los mismos. La cuchilla 60 puede ser rotada en una dirección positiva "+RZ" y una dirección negativa "-RZ" sobre el eje z. Por ejemplo, la cuchilla 60 puede ser rotada de manera que un borde 158 enganche el tejido cuando se desea una elevada concentración de fuerza sobre el tejido, como durante el corte. Alternativamente, la cuchilla 60 puede ser rotada de manera que la superficie 148 enganche el tejido cuando sea deseable distribuir una fuerza de sujeción sobre una zona extensa como durante la coagulación. O la cuchilla 60 puede ser rotada en vaivén dentro de un rango angular cuando la superficie 150 engancha el tejido, para producir un efecto de "rodadura" al tiempo que la cuchilla 60 es energizada. Tal como será aparente para los expertos en la técnica, pueden idearse muchas combinaciones diferentes de rotación y energización de la cuchilla 60 para cortar y/o coagular rápida y hemostáticamente los diversos tipos de tejido para muchas situaciones quirúrgicas diferentes.

La unidad de control 104 puede ser programada para dirigir el ligero movimiento del instrumento 114 a lo largo de una ruta predeterminada mientras se energiza la cuchilla 60 y se aplica una fuerza de sujeción, de acuerdo con la subrutina quirúrgica, para acelerar y/o mejorar el tratamiento del tejido dentro de la zona 146 de tratamiento de tejido (Fig. 7). La ruta predeterminada puede incluir cualquier combinación de barrido lateral en la dirección x, barrido longitudinal en la dirección y, y rotación de la cuchilla sobre el eje z. Las Figs. 9 a 17 son gráficos que ilustran la operación del sistema 100 de control de acuerdo con una subrutina quirúrgica ejemplar durante el ciclo operativo en el cual se lleva a cabo un procedimiento quirúrgico en un tejido. Los gráficos se muestran sin valores y su propósito es ilustrar las magnitudes paramétricas relativas y la temporización de las tareas quirúrgicas concurrentes. El tiempo total representado en los gráficos puede estar, por ejemplo, aproximadamente en el rango de 2 a 10 segundos. Otras muchas subrutinas quirúrgicas son posibles y pueden ser ideadas de acuerdo con las situaciones quirúrgicas previstas y programas en la unidad de control 104.

El gráfico mostrado en la Fig. 9 y de nuevo en la Fig. 14 ilustra un perfil ultrasónico de potencia frente a tiempo, que muestra la potencia ultrasónica "U/S" (vatios) frente al tiempo "T" (segundos) para el ciclo operativo. La potencia ultrasónica es una función de la frecuencia y la amplitud ultrasónicas. Por lo tanto, la potencia ultrasónica transmitida al tejido puede ser controlada efectivamente variando la frecuencia y la amplitud ultrasónicas, y seleccionando la fuerza de sujeción (presión) aplicada sobre el tejido. La potencia ultrasónica puede ser aplicada intermitentemente tal como se muestra para coagular tejido entre cada reposicionamiento de los efectores extremos, y para cortar el tejido, durante lo cual la potencia ultrasónica puede alcanzar un valor máximo, por ejemplo, de aproximadamente veinte vatios.

La Fig. 10 ilustra un perfil de ángulo frente a tiempo del elemento de sujeción para el mismo ciclo operativo ilustrado en la Fig. 9. A medida que se aplica la potencia ultrasónica, el ángulo A del elemento de sujeción puede variar en el tiempo tal como se muestra, indicando cómo la potencia ultrasónica sólo puede ser aplicada cuando una fuerza de sujeción es aplicada sobre el tejido, tal como se describe en la Fig. 6.

Las Figs. 11 y 12 muestran unos gráficos que ilustran cómo la subrutina quirúrgica puede simultáneamente dirigir el ligero movimiento de los efectores extremos en la dirección del eje x (posición lateral, DX) y en la dirección del eje z (posición longitudinal, DZ), como se describe en la Fig. 7. La Fig. 11 ilustra un perfil de posición lateral frente al tiempo y la Fig. 12 ilustra un perfil de posición longitudinal frente al tiempo para el mismo ciclo operativo mostrado en la Fig. 9.

La Fig. 13 muestra un gráfico que ilustra un perfil de rotación de cuchilla frente al tiempo para el mismo ciclo operativo mostrado en la Fig. 9. Las órdenes dictadas por la subrutina quirúrgica dirigen la rotación de la cuchilla 60 sobre el eje z (rotación de la cuchilla, RZ), tal como se describe en la Fig. 8.

5 Las Figuras 15, 16 y 17 son unos gráficos que muestran unas señales de retroalimentación ejemplares suministradas por el sistema 122 de retroalimentación del sistema de control 60 (Fig. 5), medidas simultáneamente durante el ciclo operativo mostrado en la Fig. 14. Tal como se ha observado anteriormente, la unidad 104 de control puede procesar las señales de retroalimentación y responder de acuerdo con la subrutina quirúrgica.

10 Un procedimiento, que no es el de la presente invención, para tratar ultrasónicamente el tejido de un paciente de cirugía puede incluir proporcionar el sistema quirúrgico ultrasónico de acuerdo con el primer aspecto descrito en la Fig. 5, programar la unidad de control con una subrutina quirúrgica para llevar a cabo una pluralidad de tareas quirúrgicas, posicionar el efector extremo del instrumento en una zona de cirugía dentro de una cavidad corporal del paciente e iniciar la subrutina quirúrgica de la unidad de control, por la cual el sistema lleva a cabo la pluralidad de tareas quirúrgicas de acuerdo con la subrutina quirúrgica.

15 Las tareas quirúrgicas del procedimiento pueden ser definidas para que incluyan energizar el efector extremo de acuerdo con el perfil del nivel de potencia ultrasónica de la subrutina quirúrgica durante el ciclo operativo y una, o ambas, de las siguientes: efectuar un barrido del efector ultrasónico extremo contra el tejido en una dirección lateral dentro de una zona de tratamiento de acuerdo con un perfil de barrido lateral de la subrutina quirúrgica durante el ciclo operativo, efectuar un barrido del efector ultrasónico extremo contra el tejido en una dirección longitudinal dentro de una zona de tratamiento de acuerdo con un perfil de barrido longitudinal de la subrutina quirúrgica durante el ciclo operativo.

20 El sistema quirúrgico ultrasónico provisto en el procedimiento puede incluir adicionalmente un elemento de sujeción, una cuchilla ultrasónica y una unidad de actuación que tenga una unidad de actuación con un conjunto de transmisión de fuerza conectado operativamente al elemento de sujeción y a la unidad de control de manera que el conjunto de transmisión de fuerza pueda ser accionado para operar el elemento de sujeción para aplicar una fuerza de sujeción al tejido sujeto entre el elemento de sujeción y la cuchilla. Las tareas quirúrgicas, por lo tanto, pueden estar definidas para que incluyan operar el elemento de sujeción para aplicar una fuerza de sujeción variable sobre el tejido sujeto entre el elemento de sujeción y la cuchilla de acuerdo con un perfil de fuerza de sujeción de la subrutina quirúrgica durante el ciclo operativo.

30 El sistema quirúrgico ultrasónico provisto en el procedimiento puede incluir adicionalmente el efector extremo con una cuchilla ultrasónica y una unidad de actuación con un conjunto de rotación de cuchilla conectado operativamente a la cuchilla y a la unidad de control de manera que el conjunto de rotación de cuchilla pueda ser accionado para rotar la cuchilla sobre un eje central. Las tareas quirúrgicas, por lo tanto, pueden ser definidas para que incluyan rotar la cuchilla sobre el eje central de acuerdo con un perfil de rotación de cuchilla de la subrutina quirúrgica durante el ciclo operativo.

35 Un procedimiento, que no es el de la presente invención, para tratar ultrasónicamente el tejido de un paciente de cirugía puede incluir proporcionar el sistema quirúrgico ultrasónico de acuerdo con el segundo aspecto descrito en la Fig. 5, en el cual el sistema incluye adicionalmente un sistema de retroalimentación que tiene al menos un sensor situado en al menos una de entre las unidades ultrasónica y de posicionamiento y que tiene un circuito de sensor asociado, en el cual el sistema de retroalimentación está conectado operativamente a la unidad de control, y en el cual una señal de retroalimentación asociada con un parámetro de las prestaciones operativas del instrumento durante el ciclo operativo puede ser transmitida desde el sensor hasta la unidad de control, de manera que el sistema de control pueda procesar la señal de retroalimentación y responder de acuerdo con la subrutina quirúrgica. El procedimiento puede incluir adicionalmente programar la unidad de control con una subrutina quirúrgica para llevar a cabo una pluralidad de tareas quirúrgicas, posicionar el efector extremo del instrumento en la zona de cirugía dentro de una cavidad corporal del paciente e iniciar la subrutina quirúrgica de la unidad de control, por la cual el sistema lleva a cabo automáticamente las tareas quirúrgicas, procesa la señal de retroalimentación y responde a la señal de retroalimentación de acuerdo con la subrutina quirúrgica.

45 Aunque se han mostrado y descrito diversos aspectos de un sistema quirúrgico ultrasónico y un procedimiento, debe comprenderse que los expertos en la técnica pueden idear modificaciones. La presente solicitud contempla e incluye tales limitaciones y únicamente está limitada por el alcance de las reivindicaciones.

50

## REIVINDICACIONES

1.- Un sistema quirúrgico ultrasónico (100) que comprende:

una unidad ultrasónica (106) que incluye un instrumento (114) conectado operativamente a un generador ultrasónico (112), en la cual dicho instrumento incluye un efector extremo (58);

5 una unidad (108) de posicionamiento que incluye un brazo móvil (116), en la cual dicho brazo móvil está adaptado para sostener dicho instrumento de dicha unidad ultrasónica;

una unidad (104) de control en comunicación con dicha unidad ultrasónica y dicha unidad de posicionamiento; y

una interfaz de usuario (102) en comunicación con dicha unidad de control,

**caracterizado porque**

10 dicha unidad de control es programable con una subrutina quirúrgica para llevar a cabo una tarea quirúrgica, dicha unidad de control está pre-programada con una o más subrutinas quirúrgicas; y

dicha interfaz del usuario está adaptada para inicializar un ciclo operativo de dicha subrutina quirúrgica de manera que dicha tarea quirúrgica sea llevada a cabo automáticamente durante dicho ciclo operativo, de manera que el cirujano pueda seleccionar e iniciar dicha una, o más, subrutinas quirúrgicas pre-programadas;

15 en el cual dicha subrutina quirúrgica incluye maniobrar dicho efector extremo mientras se acciona dicho instrumento ultrasónico para lograr un resultado quirúrgico mejorado.

2.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 1, en el cual dicho brazo móvil sostiene de manera desmontable dicho instrumento.

20 3.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 1, en el cual dicha tarea quirúrgica incluye energizar dicho efector extremo de acuerdo con un perfil de nivel de potencia ultrasónica de dicha subrutina quirúrgica.

4.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 3, en el cual dicha tarea quirúrgica incluye efectuar un barrido de dicho efector extremo contra un tejido corporal.

25 5.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 3, en el cual dicha tarea quirúrgica incluye efectuar un barrido de dicho efector extremo en una dirección longitudinal dentro de una zona de tratamiento de acuerdo con un perfil de barrido longitudinal de dicha subrutina quirúrgica.

6.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 1, en el cual dicho efector extremo (58) incluye al menos uno de entre un elemento de sujeción (62) y una cuchilla ultrasónica (60).

30 7.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 6, que comprende adicionalmente una unidad de actuación (110) que tiene un conjunto (118) de transmisión de fuerza conectado operativamente a dicho elemento de sujeción y en comunicación con dicha unidad de control, en el cual dicho conjunto de transmisión de fuerza está adaptado para accionar dicho elemento de sujeción y aplicar una fuerza de sujeción variable sobre el tejido corporal.

8.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 1, en el cual dicho efector extremo (58) incluye una cuchilla ultrasónica (62).

35 9.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 8, que comprende adicionalmente una unidad de actuación (110) que tiene un conjunto (120) de rotación de cuchilla conectado operativamente a dicha cuchilla ultrasónica de manera que el conjunto de rotación de cuchilla puede ser actuado para rotar la cuchilla sobre un eje central, y en el cual dicha tarea quirúrgica incluye rotar dicha cuchilla ultrasónica sobre dicho eje central de acuerdo con un perfil de rotación de cuchilla de dicha subrutina quirúrgica.

40 10.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 9, en el cual dicha cuchilla ultrasónica incluye una pluralidad de porciones de superficie de la cuchilla dispuestas alrededor de dicho eje central y que definen un perfil de sección transversal de la cuchilla, y en el cual dicha cuchilla ultrasónica es rotada de manera que cualquiera de dichas porciones de superficie pueda ser presentada hacia el tejido.

45 11.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 10, en el cual dichas porciones de superficie de la cuchilla incluyen al menos una de entre una porción de superficie relativamente plana, una porción de superficie relativamente redondeada y una porción de superficie de borde.

12.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 1, en el cual dicha unidad de posicionamiento es un aparato robótico quirúrgico que tiene una estación de trabajo en comunicación con dicho brazo móvil.

- 5 13.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 1, que comprende adicionalmente un sistema (122) de retroalimentación que incluye al menos un sensor situado en al menos una de entre dichas unidades ultrasónica, de posicionamiento, y de actuación y que tiene un circuito de sensor asociado, en el cual dicho sistema de retroalimentación está conectado operativamente a dicha unidad de control, y en el cual una señal de retroalimentación asociada con un parámetro de las prestaciones operativas de dicho instrumento durante dicho ciclo operativo puede ser transmitida desde dicho sensor hasta dicha unidad de control, de manera que dicho sistema de control pueda procesar dicha señal de retroalimentación y responder de acuerdo con dicha subrutina quirúrgica.
- 10 14.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 13, en el cual dicho sistema de retroalimentación incluye un circuito (128) de medición de la impedancia eléctrica para medir la impedancia eléctrica del tejido que está siendo tratado.
- 15 15.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 13, en el cual dicho sistema de retroalimentación incluye un circuito (130) de medición de impedancia acústica para medir la impedancia acústica del tejido que está siendo tratado.
- 15 16.- El sistema quirúrgico ultrasónico de la Reivindicación 13, en el cual dicho sistema de retroalimentación incluye un sensor (132) y un circuito de temperatura para medir al menos una de entre la temperatura de un tejido en tratamiento, la temperatura de dicho efector extremo, la temperatura de un objeto cercano a dicho tejido que está siendo tratado y la temperatura de un fluido que rodea dicho tejido que está siendo tratado.

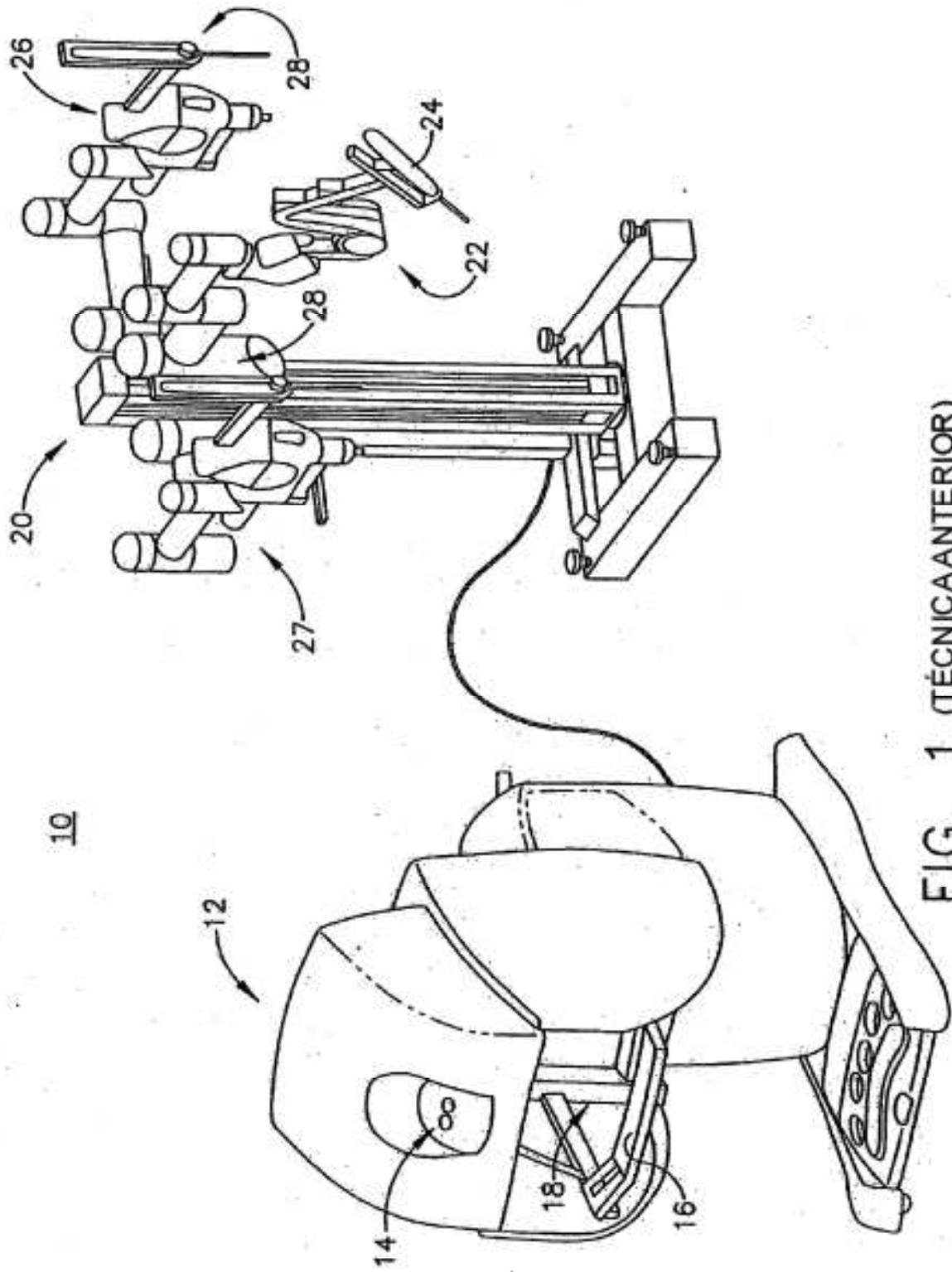


FIG. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

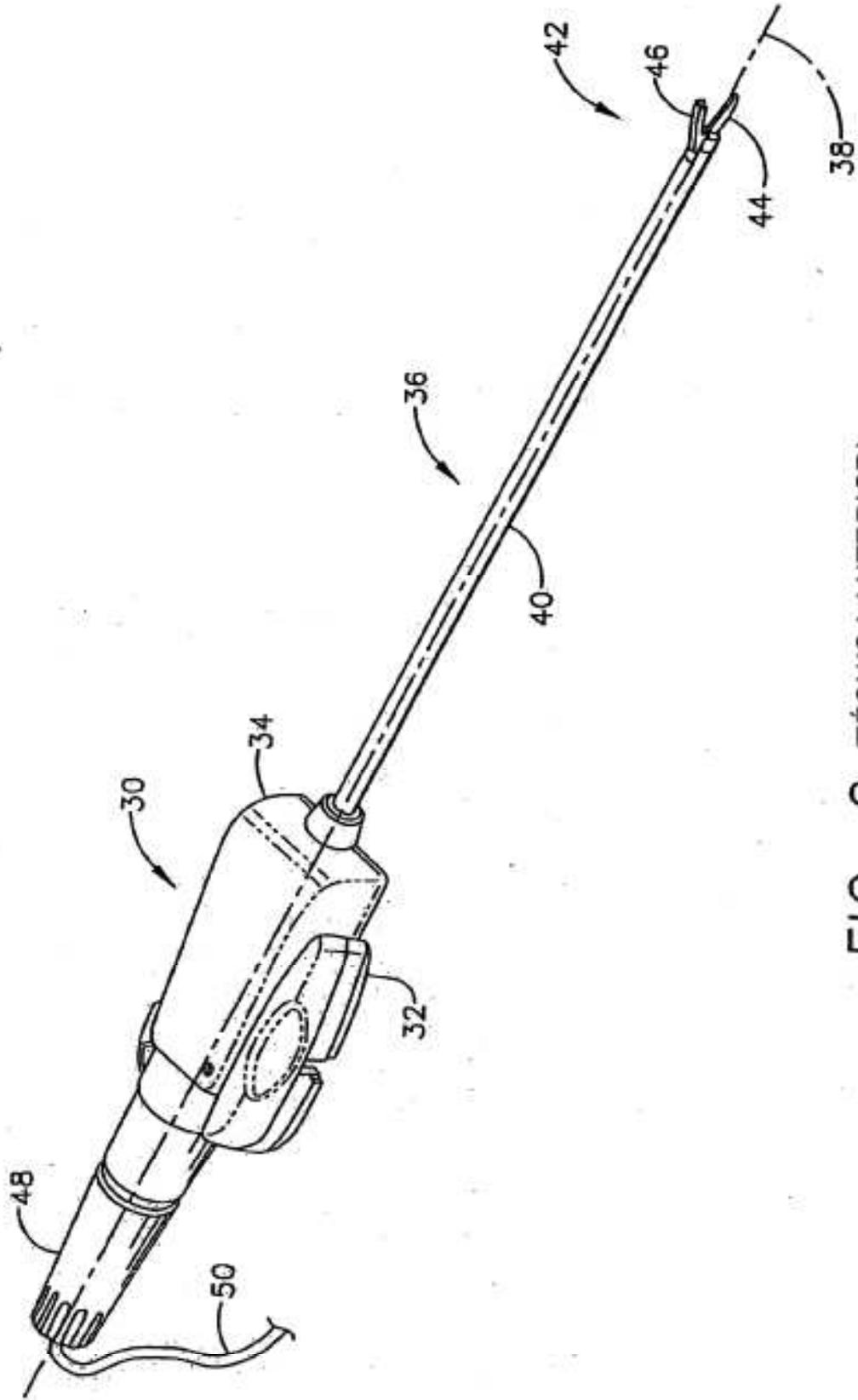


FIG. 2 (TÉCNICA ANTERIOR)

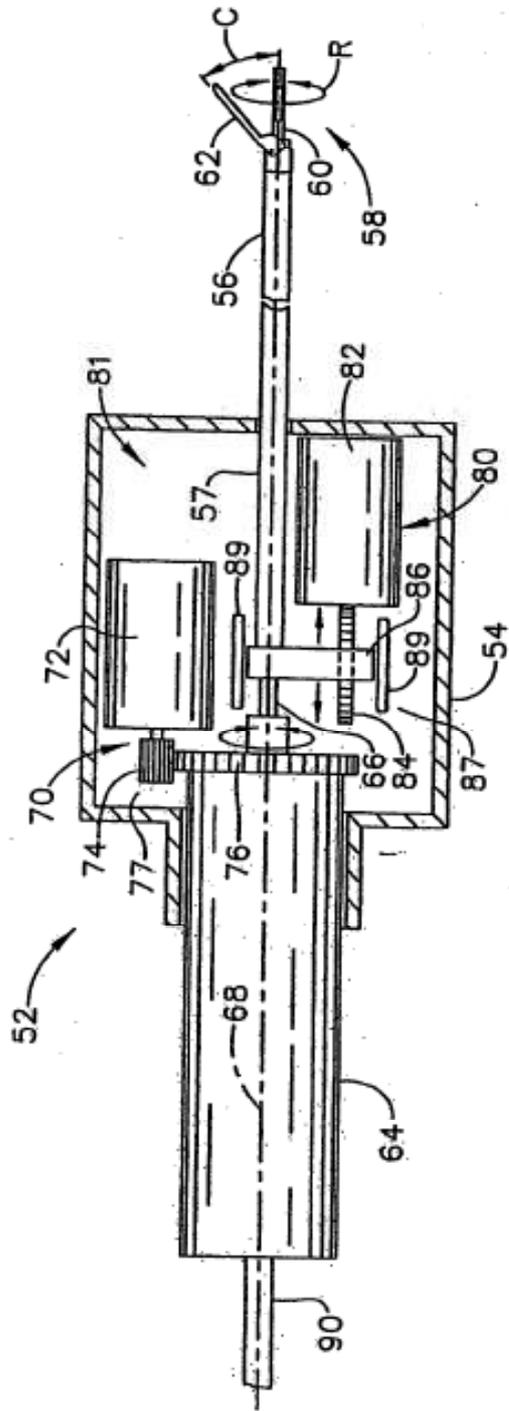


FIG. 3

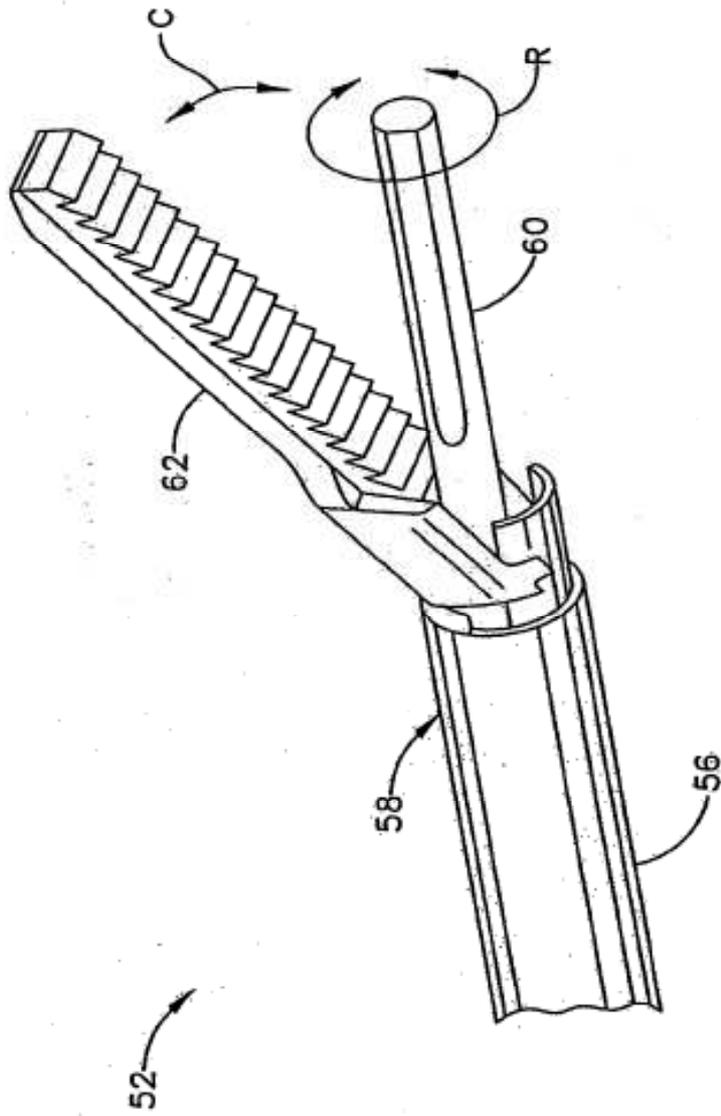


FIG. 4

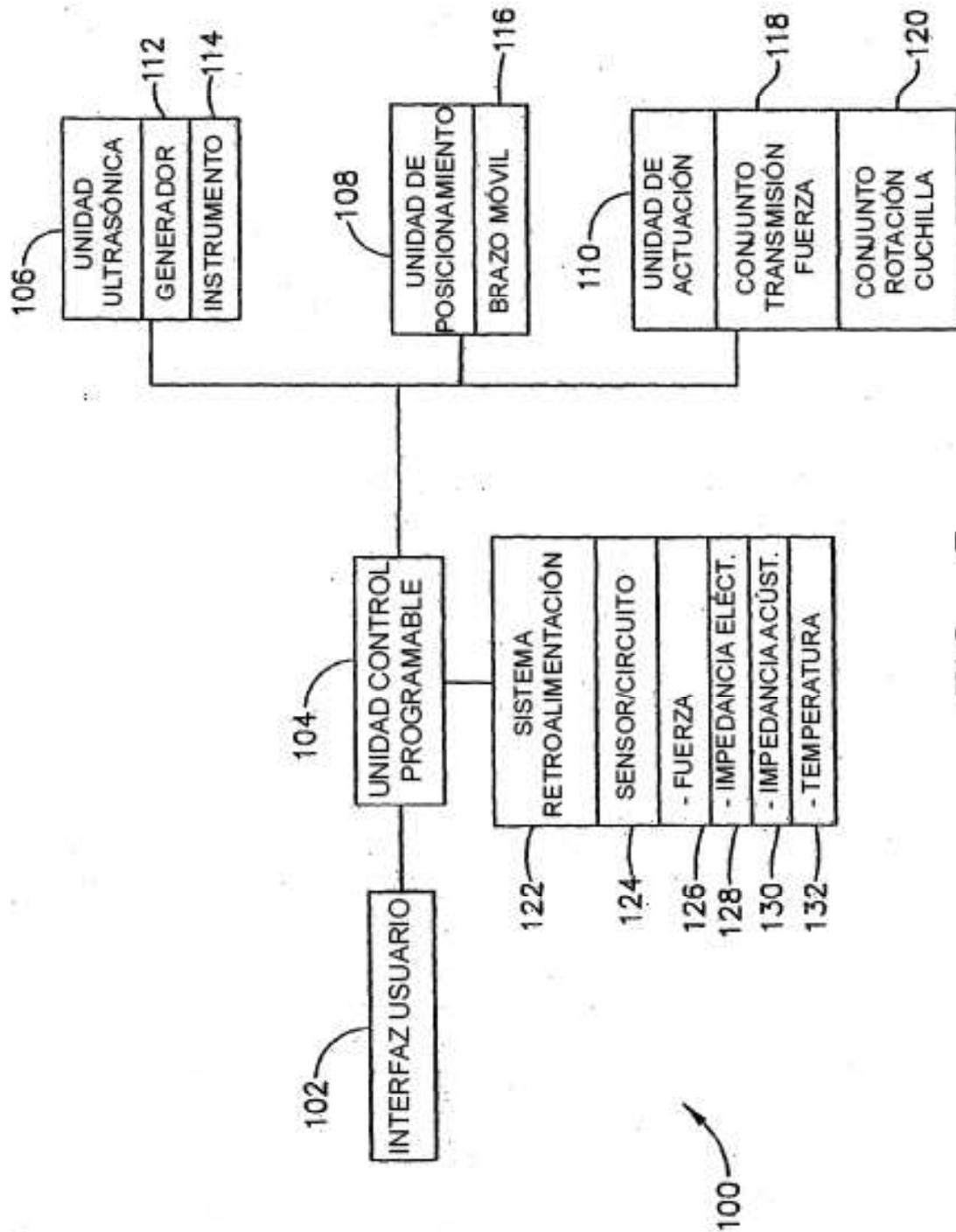


FIG. 5

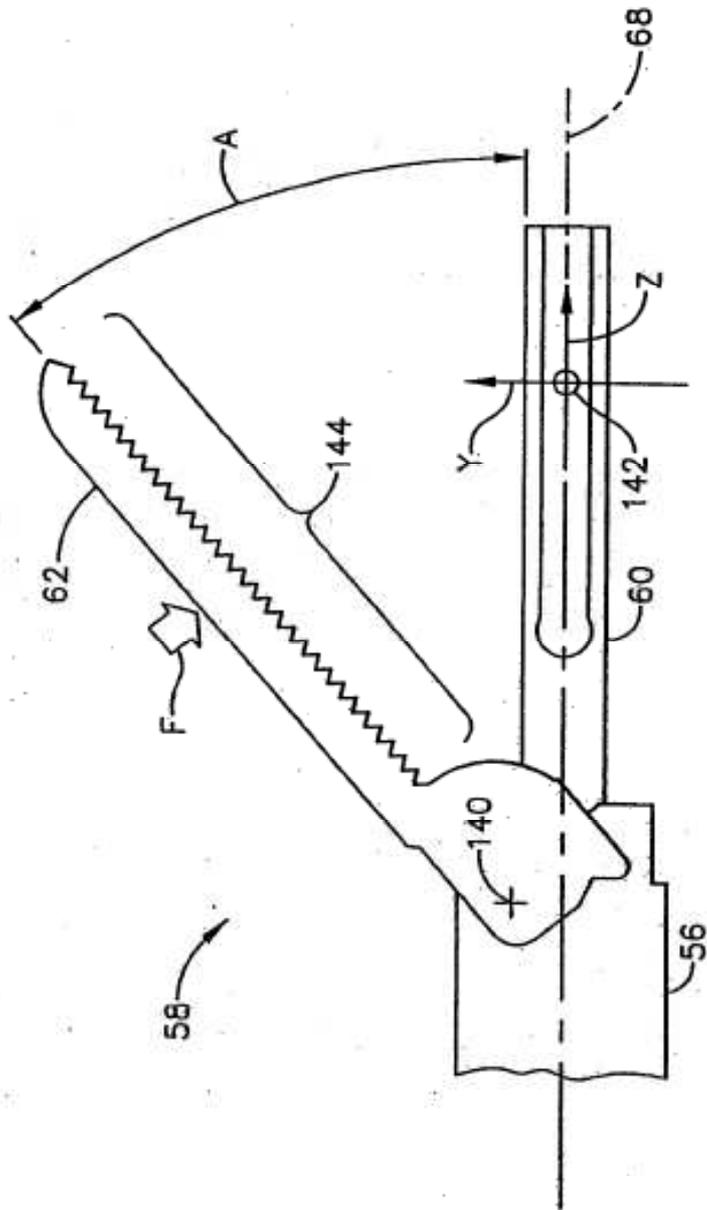


FIG. 6



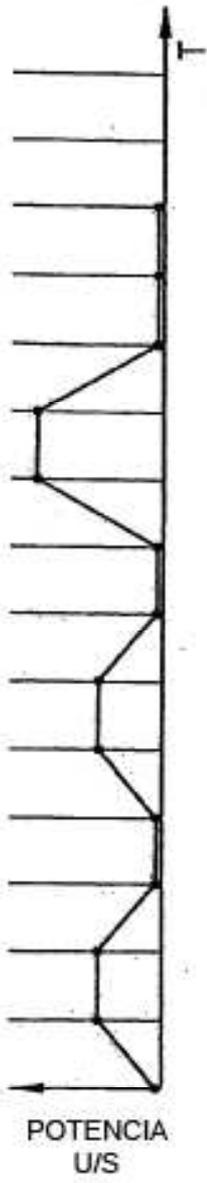


FIG. 9

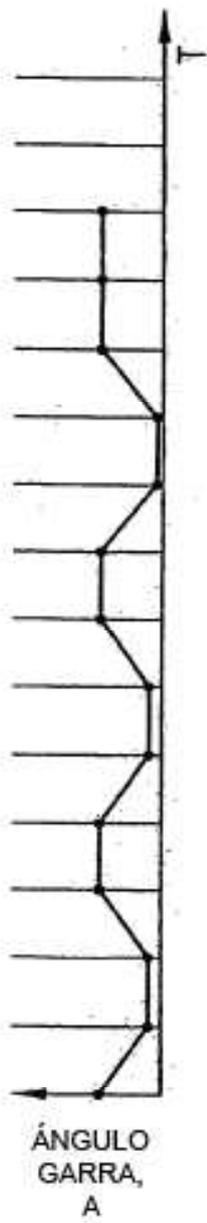


FIG. 10

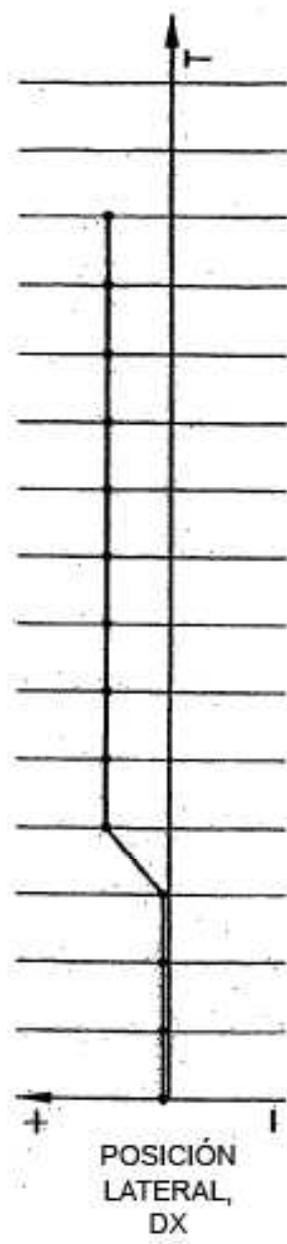


FIG. 11

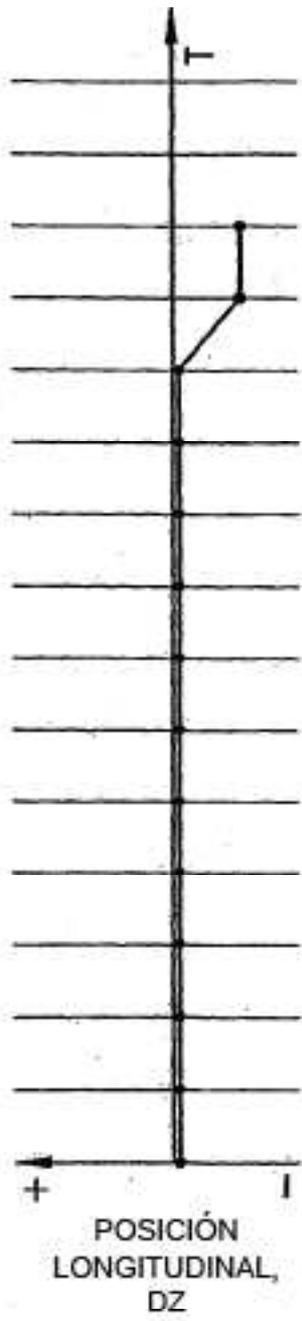


FIG. 12

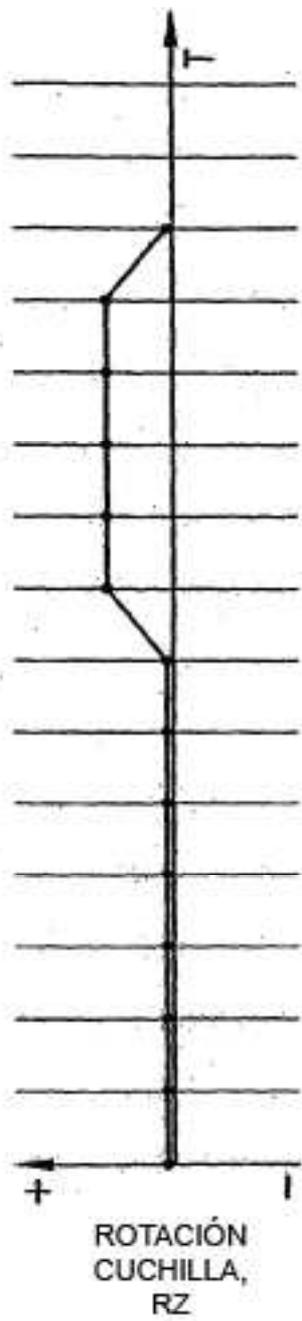


FIG. 13

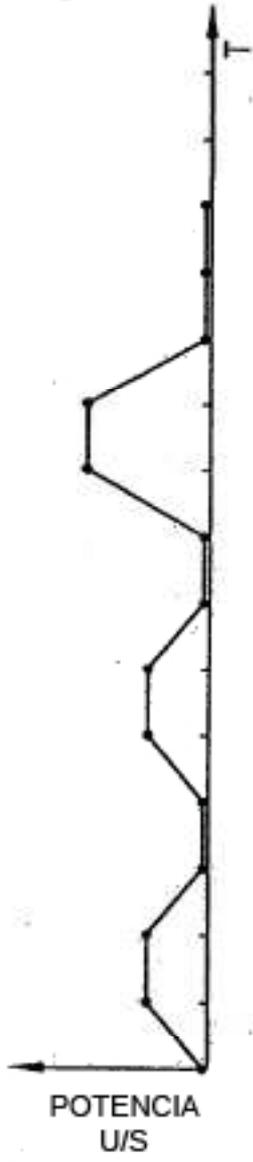


FIG. 14

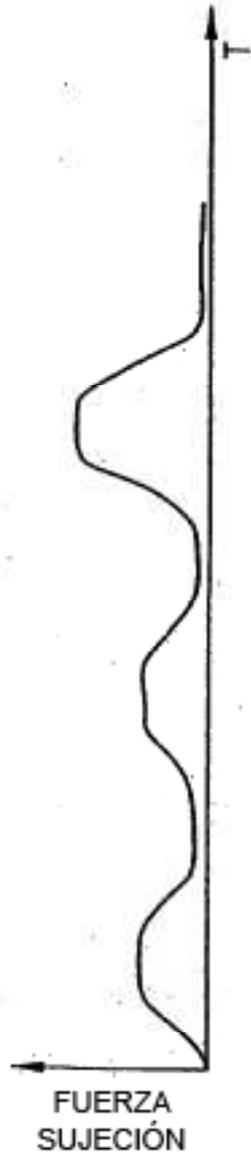


FIG. 15

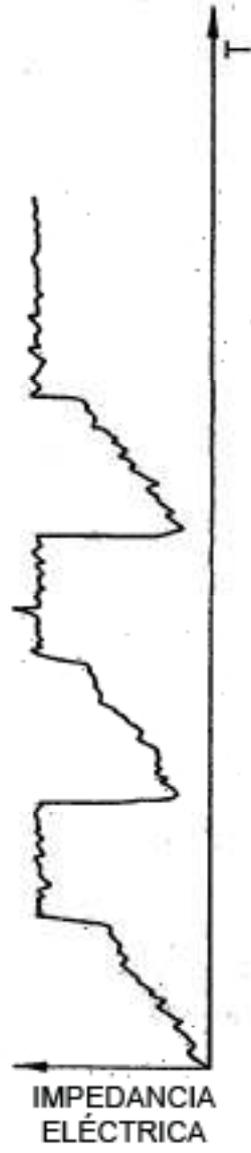


FIG. 16

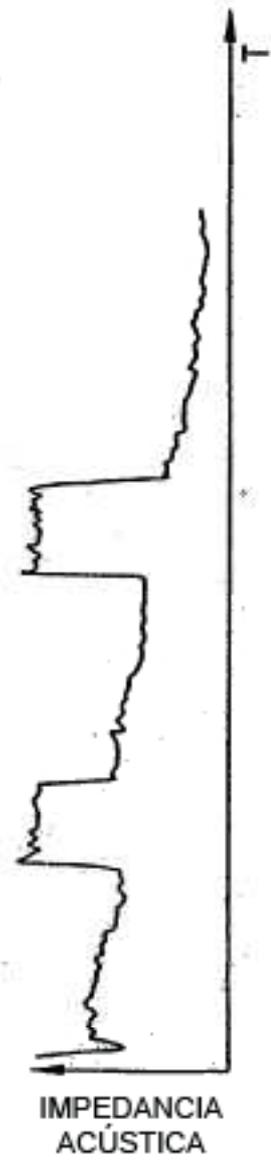


FIG. 17