

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 581**

51 Int. Cl.:

B25B 21/00 (2006.01)

A61B 17/88 (2006.01)

B25B 13/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2012 E 12719870 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2701879**

54 Título: **Trinquete eléctrico para un destornillador eléctrico**

30 Prioridad:

27.04.2011 US 201113095600

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

05.01.2016

73 Titular/es:

**MEDTRONIC XOMED, INC. (100.0%)
6743 Southpoint Drive North
Jacksonville, FL 32216, US**

72 Inventor/es:

**FAIR, CHRISTOPHER L. y
KOLTZ, MICHAEL L., JR.**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 555 581 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

Trinquete eléctrico para un destornillador eléctrico

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere generalmente al campo de sistemas de atornillado, y más particularmente a sistemas de atornillado que tienen sistemas de trinquete.

10 ANTECEDENTES

Los destornilladores eléctricos son mucho más eficientes que los destornilladores manuales para atornillar tornillos y pernos. Sin embargo, si no se tiene mucho cuidado, los destornilladores eléctricos pueden sobreapretar o sobregirar los tornillos o pernos. En algunas aplicaciones críticas, tales como en aplicaciones quirúrgicas, los usuarios pueden atornillar los tornillos manualmente para evitar el sobreapriete o para orientar un tornillo o perno atornillados a una posición rotacional deseada. En estos casos, un usuario puede atornillar un tornillo con un destornillador eléctrico hasta que el tornillo empieza a aproximarse a la ubicación crítica. Entonces, con el fin de reducir la posibilidad de sobreapriete o sobregiro, el usuario puede apartar el destornillador eléctrico y apretar manualmente el tornillo con un trinquete o un destornillador manual.

Los trinquetes son más eficientes que los destornilladores manuales para apretar tornillos o pernos porque impiden la rotación en el sentido de atornillado y proporcionan rotación continua en giro libre en el otro. En consecuencia, en aplicaciones quirúrgicas a menudo se prefieren los destornilladores de trinquete a los manuales. Los trinquetes convencionales utilizan montajes mecánicos entre el asidero de una herramienta destornilladora y el equipo físico que se está atornillando. Por ejemplo, los montajes de trinquete mecánico convencionales incluyen sistemas de engranajes, superficies de alta fricción con garras, piñones con dientes y garras, o fijadores de retroceso para limitar mecánicamente la rotación en un sentido.

Estos trinquetes convencionales requieren grandes montajes mecánicos que aumentan tanto el tamaño de la herramienta en su conjunto como el peso total. Por ejemplo, los alojamientos de trinquete deben tener un tamaño para acomodar los sistemas de trinquete mecánico. Además, estos montajes mecánicos añaden masa al trinquete y posteriormente añaden inercia adicional a los componentes rotatorios de la herramienta. Sistemas más grandes y más pesados pueden aumentar la fatiga del operario y/o lesionar al operario, lo que potencialmente tiene como resultado una puntería menos eficaz con el tornillo. Esto puede afectar al resultado quirúrgico en el paciente.

El dispositivo y los procedimientos divulgados en el presente documento vencen uno o más de los inconvenientes tratados anteriormente y/o de la técnica anterior, como se conoce por ejemplo a partir del documento US-A-6.199.642.

40 SUMARIO

La presente divulgación se dirige a un sistema de destornillador eléctrico que tiene un trinquete eléctrico.

De acuerdo con un aspecto, la presente divulgación se dirige a un sistema de destornillador eléctrico que incluye un alojamiento de destornillador que tiene una parte de asidero configurada para ser agarrada por un usuario e incluye un motor dispuesto dentro del alojamiento. El motor incluye un estator y un rotor con el rotor dispuesto rotacionalmente dentro del estator. Un extremo de trabajo proporciona una salida rotacional y está acoplado mecánicamente al rotor. Una fuente de energía proporciona energía al motor. Un controlador recibe señales representativas de un estado de motor y, basándose en las señales recibidas, controla el motor de una manera que proporcione una capacidad de trinquete eléctrico.

En un aspecto, el controlador está configurado para recibir señales indicativas de una ubicación del rotor relativa al estator y está configurado para alimentar el motor para que mantenga una posición deseada del rotor relativa al estator en un primer sentido. En otro aspecto, el controlador está configurado para permitir la rotación en giro libre del rotor relativa al estator en un segundo sentido opuesto al primer sentido.

En otro aspecto ejemplar, la presente divulgación se dirige a un sistema de destornillador eléctrico que tiene un destornillador de mano y una consola de control. El destornillador de mano comprende un alojamiento que tiene una parte de asidero configurada para ser agarrada por un usuario y un motor dispuesto dentro del alojamiento. Un extremo de trabajo proporciona una salida rotacional y está acoplado mecánicamente al rotor. La consola de control está aparte y en comunicación eléctrica con el destornillador de mano. Comprende un controlador configurado para conmutar el motor para mantener una posición relativa deseada del rotor dentro del estator cuando se aplica carga en un primer sentido en el motor, estando configurado también el controlador para permitir el desplazamiento en giro libre del rotor dentro del estator cuando se aplica carga en un segundo sentido en el motor.

En un aspecto, el controlador está configurado para recibir señales indicativas de una posición del rotor relativa al

estator y está configurado para determinar la posición relativa deseada del rotor basándose en las señales.

En otro aspecto ejemplar, la presente divulgación se dirige a un procedimiento para hacer funcionar un sistema de destornillador quirúrgico. El procedimiento incluye las etapas de estimar una posición de rotor inicial relativa a un estator y establecer una primera posición de rotor deseada relativa al estator que es substancialmente equivalente a la posición de rotor inicial. El procedimiento también incluye las etapas de conmutar el motor para mantener substancialmente la primera posición de rotor deseada relativa al estator y la carga de compensación en el rotor aplicada en un primer sentido. El desplazamiento de la posición de rotor real dentro del estator se permite en respuesta a la carga aplicada en el rotor en un segundo sentido. El procedimiento también incluye establecer una segunda posición de rotor deseada relativa al estator que es substancialmente equivalente a la posición de rotor desplazada.

En un aspecto, el procedimiento incluye determinar un factor de error como una diferencia entre la primera posición de rotor deseada y la posición de rotor real y realizar la etapa de conmutar el motor para mantener substancialmente la primera posición de rotor deseada cuando el factor de error supera un valor de umbral preestablecido. En un aspecto, el procedimiento incluye determinar un factor de error como una diferencia entre la primera posición de rotor deseada y la posición de rotor real y realizar la etapa de establecer una segunda posición de rotor deseada cuando la posición de rotor deseada es positiva y el factor de error es negativo o cuando la posición de rotor deseada es negativa y el factor de error es positivo.

Aspectos, formas, realizaciones, objetivos, características, beneficios y ventajas adicionales de la presente invención se harán evidentes a partir de los dibujos detallados y las descripciones proporcionadas en el presente documento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Aspectos de la presente divulgación se entienden mejor a partir de las figuras adjuntas, descritas y utilizadas en contexto con la descripción de esta memoria.

La figura 1 es una ilustración de un sistema de destornillador eléctrico a motor ejemplar que incluye un destornillador y una consola de control y está provisto de un trinquete eléctrico de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La figura 2 es una ilustración de una vista en sección transversal sumamente simplificada de un selector de modo en el destornillador ejemplar de la figura 1.

La figura 3 es un diagrama de bloques que muestra componentes funcionales del sistema de destornillador eléctrico a motor con un trinquete eléctrico de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

La figura 4 es una ilustración estilizada de una vista en sección transversal de un motor eléctrico de acuerdo con un aspecto ejemplar de la presente divulgación.

La figura 5 es un diagrama de bloques que muestra componentes funcionales del sistema de destornillador eléctrico a motor con un trinquete eléctrico de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

La figura 6 es un diagrama de flujo que muestra la lógica de control de acuerdo con un aspecto ejemplar de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Para la finalidad de promover un entendimiento de los principios de la invención, ahora se hará referencia a las realizaciones, o ejemplos, ilustradas en los dibujos y se utilizará un lenguaje específico para describir las mismas. No obstante se entenderá que de ese modo no se pretende limitación del alcance de la invención. Se contempla que alteraciones y modificaciones adicionales en las realizaciones descritas, y en aplicaciones adicionales de los principios de la invención tal como se describen en la presente memoria, se le ocurrirían normalmente a un experto en la técnica con la que está relacionado el alcance de la invención, como se define mediante las reivindicaciones anexas.

Esta divulgación describe un sistema de destornillador eléctrico accionado por motor con un trinquete eléctrico. El sistema controla el motor para crear un trinquete al impedir o limitar la rotación relativa del destornillador eléctrico y un tornillo atornillado en un sentido, mientras permite la rotación en giro libre en el otro. Particularmente, para atornillar un tornillo utilizando el trinquete eléctrico, el sistema de destornillador detecta el desplazamiento de componentes de motor y responde alimentando el motor para limitar o impedir un desplazamiento adicional. En consecuencia, cuando empieza a tener lugar el desplazamiento de motor como resultado del par aplicado manualmente, el motor es alimentado para compensar el desplazamiento limitando eficazmente el destornillador para que no deslice con respecto al tornillo en un sentido. Sin embargo, el motor permite eficazmente la rotación en giro libre en el segundo sentido. En consecuencia, al hacer rotar el destornillador completo con respecto al tornillo

atornillado, un usuario puede hacer trinquete y atornillar el tornillo hasta una profundidad y orientación deseadas. Tal como se emplea en esta memoria, la rotación en giro libre está pensada para cubrir al menos dos escenarios: En primer lugar, la rotación en giro libre tiene lugar cuando el motor no es alimentado para impedir el desplazamiento de motor en el segundo sentido opuesto; y en segundo lugar, la rotación en giro libre tiene lugar cuando el motor es alimentado para compensar el arrastre de tren destornillador cuando se hace rotar el motor en el segundo sentido opuesto.

El sistema de destornillador eléctrico es particularmente muy adecuado para aplicaciones quirúrgicas en las que el destornillador se utiliza para atornillar tornillos óseos, tales como tornillos pediculares. El usuario puede utilizar el destornillador eléctrico a motor para atornillar el tornillo cerca de su profundidad deseada. Sin embargo, con el fin de reducir el riesgo de sobreapriete o sobreatornillado, el usuario puede parar el atornillado convencional con el motor y utilizar el destornillador como trinquete para completar la implantación de tornillo al par o profundidad deseados. Además, como algunos tornillos óseos, tales como algunos tornillos pediculares, se deben orientar para recibir varillas espinales, cables u otro instrumental médico, el trinquete eléctrico permite el ajuste fino necesario para alinear el tornillo como se desee sin desconectar el destornillador del tornillo y sin que sea necesario un trinquete aparte o destornillador manual. Esto aumenta el rendimiento quirúrgico y la conveniencia para el cirujano. Además, como el trinquete eléctrico carece de componentes de trinquete mecánico, grandes y pesados, el destornillador con trinquete resultante no aumenta la fatiga del operario ni las potenciales lesiones de operario. Esto puede llevar a una puntería más eficaz del tornillo y mejor resultado para el paciente.

Además, como el sistema de trinquete eléctrico funciona utilizando control de motor en lugar de componentes mecánicos voluminosos, los sistemas divulgados en el presente documento logran funcionamiento de trinquete sin añadir masa y peso adicionales. Al evitar la masa adicional, los destornilladores divulgados en el presente documento no tienen la inercia extra que proviene de los sistemas mecánicos, haciendo más eficiente el destornillador. Esto permite un tamaño compacto y minimiza el peso de destornillador, que son beneficios importantes para un cirujano operando.

La figura 1 ilustra un sistema de destornillador eléctrico 100 según una realización ejemplar de la presente invención. El sistema incluye un destornillador eléctrico a motor 102 y una consola de control 104. El destornillador 102 funciona a velocidades rotacionales variables para atornillar machos de aterrajar, taladros y equipos físicos quirúrgicos, tales como, por ejemplo, tornillos óseos durante un procedimiento quirúrgico. Además de realizar estas funciones utilizando potencia de motor, el destornillador 102 está configurado con un trinquete eléctrico. El destornillador 102 incluye un alojamiento exterior 105 con forma de asidero 106 y un cañón 108. Aquí, el asidero 106 se extiende desde el cañón 108 a modo de empuñadura de pistola por conveniencia y confort del usuario. El asidero 106 incluye una vía de acceso eléctrica 110 y un dispositivo de entrada, mostrado aquí como un gatillo 112. En algunos ejemplos, el gatillo 112 incluye un imán permanente y un sensor de efecto Hall. En uso, el campo magnético detectado por el sensor de efecto Hall cambia sobre la base de la posición relativa del gatillo 112 y la proximidad del imán dentro del gatillo con el sensor de efecto Hall.

El cañón 108 incluye un portaherramientas 116 y un selector de modo 118. También se pueden incluir otros dispositivos de entrada, tal como un límite o palanca de control de par, elementos de alineación, y otras características. El portaherramientas 116 está dispuesto en el extremo de trabajo del destornillador 102 y recibe una herramienta, tal como un macho de aterrajar, broca, destornillador, llave de vaso u otra herramienta. El selector de modo 118 está dispuesto para controlar el sentido de atornillado del destornillador 102. En algunos ejemplos, los modos disponibles incluyen un modo de avance, un modo de retroceso, un modo de oscilación, un modo de trabado o sin rotación, entre otros modos. Al cambiar el selector de modo 118, un usuario puede controlar el sentido de atornillado rotacional del portaherramientas 116. En el ejemplo mostrado, el selector de modo 118 es un collarín dispuesto alrededor de una parte del cañón 108. En otras realizaciones, el selector de modo 118 es un botón, una palanca articulada, un interruptor basculante u otro dispositivo de entrada.

El destornillador 102 contiene un motor para atornillar las herramientas en el extremo trabajado. En algunos ejemplos, el motor es un motor de CC sin escobillas configurado para ser alimentado desde la consola de control 102. En estos ejemplos, la vía de acceso eléctrica 110 conecta el destornillador 102 con la consola de control 104 a través del cable 114. En otros ejemplos, el destornillador y la consola se comunican inalámbricamente. En un ejemplo, el asidero 106 del destornillador 102 contiene un motor dispuesto de modo que el árbol de motor se extienda hacia arriba desde el asidero 106 adentro del cañón 108. Un mecanismo de engranajes conecta el árbol de motor a un árbol destornillador que se extiende de manera substancialmente horizontal conectado al portaherramientas 116 y que se utiliza para atornillar una herramienta taladradora o extremo mecanizado recibido por el destornillador 102.

Un ejemplo del selector de modo 118 se muestra con mayor detalle en la figura 2. Aquí, el selector de modo 118 incluye un collarín 120 que incluye pestañas salientes radialmente 122 que permiten a un usuario rotar fácilmente el selector de modo alrededor de un eje central para cambiar los modos de atornillado. Un anillo de imán 124 está fijado a, y rota con, el collarín 120. El anillo de imán 124 y el collarín 120 están dispuestos en una parte del cuerpo 126 del cañón de destornillador 108, con una capa aislante 128 y un sensor de efecto Hall 130 dispuesto en el mismo. El anillo de imán 124 incluye una pluralidad de imanes 132. La rotación del selector de modo 118 desplaza

los imanes 132 con respecto al sensor de efecto Hall 130. El sensor de efecto Hall 130 genera una señal utilizada para identificar la posición del selector de modo 118, y asimismo para identificar el modo seleccionado. En la realización mostrada, el selector de modo 118 puede comunicar una señal que representa el modo o la posición del collarín a la consola de control 104. Otros ejemplos de selectores de modo incluyen un solo imán 132 y múltiples sensores de efecto Hall 130. Se contemplan otros tipos de sensores para ser utilizados en lugar de los sensores de efecto Hall incluyendo, por ejemplo, sensores de láminas y otros.

El selector de modo permite a un usuario seleccionar el modo de funcionamiento del destornillador 102. En el ejemplo mostrado, los modos disponibles incluyen un modo de avance, un modo de retroceso, un modo de oscilación y un modo trabado o sin rotación, entre otros modos. Algunos diseños proporcionan entradas de usuario auxiliares no relacionadas con el control de árbol. La ubicación de los imanes relativa a los sensores de efecto Hall proporciona una indicación del modo seleccionado. Esto se comunica de nuevo a la consola 104 para el procesamiento y la implementación funcional.

Volviendo a la figura 1, la consola de control 104 puede incluir controles y configuraciones para hacer funcionar el destornillador 102. En un ejemplo, la consola de control 104 está configurada para recibir señales del destornillador 102 y controlar la salida del destornillador 102 basándose en esas señales recibidas, combinadas con la configuración de usuario recibida directamente en la consola de control. Algunos ejemplos de esto pueden resultar evidentes a partir de la siguiente descripción. Vale la pena observar que algunos sistemas no incluyen una consola de control aparte, y en dichas realizaciones todas las determinaciones y cálculos se pueden realizar en otro lugar, tal como, por ejemplo, a bordo del propio destornillador 102.

La figura 3 muestra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema 100 de acuerdo con un aspecto ejemplar de la presente divulgación. Como se puede ver, el sistema incluye el destornillador 102 y la consola de control 104. En este ejemplo, el destornillador 102 incluye el gatillo 112, el selector de modo 118, un puente en H 148 y un motor 150.

El puente en H 148 dirige la energía desde la consola de control 104 al motor 150. Dependiendo del modo de funcionamiento determinado por el selector de modo 118, el puente en H dirige la energía en una dirección u otra. Por ejemplo, si el selector de modo 118 se cambia de modo de avance a modo de retroceso, el puente en H redirige la energía a través del motor y cambia su sentido de funcionamiento.

En este ejemplo, el motor 150 es un motor de CC sin escobillas que tiene tres devanados representados por las tres entradas desde el puente en H 148. La figura 4 muestra un ejemplo estilizado de un motor de CC sin escobillas de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación. El motor 150 en la figura 4 es un motor sincrónico e incluye un estator 160, un rotor 162 e imanes permanentes 164 dispuestos en, y rotatorios con, el rotor 162. En este ejemplo, el motor es un motor de 3 fases, aunque en otras realizaciones se pueden utilizar motores de 2 fases y monofásicos. El estator 160 incluye devanados 166. En este ejemplo, los imanes 164 incluyen dos pares de polos con polos alternos norte y sur. Así, el ejemplo mostrado es un motor de cuatro polos. Sin embargo, en otro ejemplo, únicamente se utiliza un motor de un solo par de polos, o un motor de dos polos. Otras realizaciones incluyen substancialmente más pares de polos. Algunos ejemplos tienen hasta ocho pares de polos o más, cuantos más pares de polos haya presentes más exacto se puede determinar el control. Como en los sistemas de motores convencionales, el rotor 162 rota con respecto al estator 160. El estator está fijo con respecto al alojamiento de destornillador 105. En consecuencia, cuando un usuario gira físicamente el destornillador para efectuar un atornillado manual de un tornillo, el estator 160 permanece fijo con respecto al alojamiento de destornillador 105. En algunos ejemplos, el motor tiene un alojamiento de motor alrededor del estator 160 fijado en el sitio con respecto al alojamiento de destornillador 105.

Volviendo a la figura 3, la consola de control 104 incluye un sistema de procesamiento y una memoria programados de manera que la consola de control 104 esté configurada para recibir diversas entradas de configuración de un usuario (p. ej., velocidad máxima y par máximo) y para controlar el motor del destornillador 102 basándose en las entradas de configuración del usuario y en la opresión del gatillo 112 en el destornillador 102. En ese sentido, la consola de control 104 del sistema 100 proporciona control de posición y control de par para el motor del destornillador 102.

En este ejemplo, la consola de control 104 incluye un convertidor analógico a digital (CAD) 152 y un controlador 154 que comprende un procesador 156 que pone en marcha un módulo de estimación de posición 158. El sistema 100 también incluye una memoria que contiene programas ejecutables que influyen en la manera con la que funciona el sistema 100, una interfaz de usuario, módulos de comunicación y otros equipos estándar. En algunos ejemplos que utilizan la consola de control 104, un usuario puede establecer la velocidad máxima, la aceleración, las sacudidas y el modo (avance, retroceso u oscilación) para el sistema. Además, el procesador 156 recibe una señal indicativa de la cantidad de opresión del gatillo 112. La señal enviada al procesador 156 puede ser indicativa de la cantidad de opresión de gatillo sobre la base del campo magnético percibido por el sensor de efecto Hall, como se ha indicado anteriormente. Además, como se ha indicado anteriormente, toda la comunicación de señales entre el destornillador y la consola puede ser por el cable 114. Como alternativa, la comunicación puede ser por Bluetooth, wifi, RF convencional, infrarrojos u otro procedimiento de comunicación inalámbrica.

En el ejemplo mostrado, el procesador 156 es un procesador de señales digitales que recibe las diversas entradas de configuración del usuario. Basándose en la configuración, y en los programas ejecutables prealmacenados particulares, el procesador controla el puente en H y envía señales al puente en H, que son comunicadas al motor 150. Por ejemplo, utilizando las entradas recibidas con respecto a la velocidad máxima, aceleración, sacudidas, modo y posición de gatillo, el controlador 154 acciona la posición del rotor del destornillador 102. El controlador 154 produce una señal de control modulada en anchura de pulso que tiene un ciclo de trabajo de acuerdo con una curva de control deseada para controlar la posición del rotor del motor.

En este ejemplo, la consola de control 104 utiliza la fuerza electromotriz (FEM) hacia atrás del motor 150 para vigilar la posición de rotor del motor 150 para asegurar que el rotor del motor está logrando las posiciones deseadas definidas por la curva de control. Esto se consigue detectando el nivel de FEM de cada devanado en su giro en el controlador 154. Las señales de FEM son enviadas desde el motor al CAD, que convierte las señales de FEM en señales digitales, que entonces se comunican al controlador 154. Durante el funcionamiento estándar, si el rotor no está logrando las posiciones deseadas (p. ej., el rotor ha rotado demasiado o no lo suficiente) según lo detectado por la FEM, entonces el controlador 154 ajusta el ciclo de trabajo basándose en una señal de error representativa de la diferencia entre la posición real del rotor y la posición deseada del rotor. De esta manera, el sistema 100 vigila la posición del rotor para asegurar que el rotor está logrando las posiciones deseadas durante el uso del destornillador 102.

En el destornillador 102, el estator 160 (figura 4) está fijo en el sitio con respecto al alojamiento de destornillador 105 (figura 1). El rotor de motor 162 está acoplado mecánicamente, al menos rotatoriamente, al árbol destornillador y al portaherramientas 116 ya sea directamente o a través de un sistema de engranajes, por ejemplo. Por lo tanto, el movimiento del rotor 162 relativo al estator 160 es indicativo del movimiento del portaherramientas 116 (y una herramienta en la portaherramientas) relativo al alojamiento de destornillador 105. En consecuencia, cuando el portaherramientas 116 y el árbol destornillador están acoplados con una herramienta, que se puede acoplar a un tornillo, el sistema 100 puede detectar el movimiento relativo entre el tornillo y el destornillador 102. En este ejemplo, el controlador 154 del sistema 100 está configurado para hacer funcionar el trinquete eléctrico mediante la recepción de datos, tales como la FEM indicativa de la posición de rotor relativa al estator y aplicar energía al motor a un nivel suficiente para reducir o impedir un movimiento relativo detectado adicional entre el rotor y el estator.

La figura 5 muestra un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema 100a de acuerdo con otro aspecto ejemplar de la presente divulgación. Como se puede ver, el sistema 100a incluye el destornillador 102 y la consola de control 104. En este ejemplo, el destornillador 102 incluye el gatillo 112, el selector de modo 118, el puente en H 148 y el motor 150. Sin embargo, esta realización también incluye un elemento sensible a la posición 170. El elemento sensible a la posición 170 puede ser cualquier dispositivo configurado para identificar directamente la posición del rotor en el motor 150. En un ejemplo, el elemento sensible a la posición 170 es una pluralidad de sensores de efecto Hall. En este ejemplo, los sensores de efecto Hall están dispuestos en el estator del motor y están configurados para detectar el paso de los polos magnéticos del rotor y emitir una señal de tensión que se pasa a la consola de control 104. Un ejemplo utiliza tres sensores de efecto Hall. Sin embargo, se contempla mayor y menor número de sensores de efecto Hall.

En la figura 5, la consola de control 104 incluye el CAD 152 y el controlador 154. Sin embargo, aquí, el controlador 154 puede recibir datos que indican directamente la posición del rotor, y por lo tanto, no es necesario que el controlador incluya un módulo de estimación de posición 158. Como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 3, el CAD 152 convierte la señal de tensión del elemento sensible a la posición 170 en una señal digital y la pasa al controlador 154. En este ejemplo, en lugar de determinar la posición según necesite el sistema 100 en la figura 3, el controlador 154 detecta directamente la posición del rotor relativa al estator. El controlador 154 puede hacer funcionar luego el motor 150 basándose en la posición del rotor para impedir o limitar la rotación en giro libre en un sentido mientras se permite la rotación en giro libre en el otro sentido, logrando de ese modo el efecto de trinquete. Aunque se describe como sensores de efecto Hall, el elemento sensible a la posición 170 también puede ser un codificador rotario u otro sistema de medición de posición directa que medirá la posición del rotor 162 relativa al estator 160.

Esto se explica aún más con referencia a la figura 6, que muestra un diagrama de flujo lógico realizado por el controlador 154 para lograr la funcionalidad de trinquete eléctrico del sistema de destornillador eléctrico 100. En un ejemplo el diagrama de flujo lógico es un programa ejecutable de un procedimiento almacenado en memoria y ejecutable por el procesador 156. El procedimiento, con el número de referencia 200, empieza en una etapa 202 en la que el procesador 156 estima la posición actual del rotor relativa al estator. Esto se puede conseguir con varios procedimientos, incluyendo los procedimientos descritos anteriormente en los que el controlador 154 vigila la FEM del motor 150, y basándose en la FEM determina la posición del rotor o en el que el controlador 154 recibe señales de codificadores o sensores de efecto Hall asociados con el motor que indican la posición del rotor relativa al estator.

En la etapa 204, el controlador determina si el modo de trinquete está encendido o activo. En un ejemplo, esto se consigue detectando la posición del selector de modo 118. Si el selector de modo 118 está en una posición en la que el modo de trinquete está activo, entonces se envía una señal desde el destornillador 102 a la consola de control 104 para el procesamiento por parte del controlador 154. La señal permite al controlador manejar el sistema

100 en un modo de trinquete. En algunos ejemplos, la señal es la ausencia de señales alternativas. En el selector de modo 118 descrito anteriormente, el modo de trinquete está activo en un sentido de avance en cualquier momento que el selector de modo 118 esté en un modo de avance y el gatillo no esté oprimido. El modo de trinquete está activo en un sentido de retroceso en cualquier momento que el selector de modo 118 esté en un modo de retroceso y el gatillo no esté oprimido. En otros ejemplos, el selector de modo incluye un modo de trinquete independiente de los modos de avance y de retroceso. En consecuencia, un usuario puede activar o encender el modo de trinquete moviendo el selector de modo a un modo de trinquete. Los selectores de modo pueden incluir botones o interruptores independientes del selector de modo descrito anteriormente, y se pueden disponer en la consola 104 o en el destornillador 102. Si, en la etapa 204, el modo de trinquete no está activo, entonces el sistema repite un bucle, continuando para estimar la posición actual del rotor relativa a la posición actual. En este estado, el destornillador todavía puede funcionar en las funciones normales, permitiendo avance, retroceso u oscilación, entre otros escenarios de control.

En la etapa 204, el modo de trinquete está activo, entonces el controlador 154 determina si el trinquete estaba previamente activo o si esta es la primera vez a través del bucle en una etapa 206. Si esta es la primera vez en el bucle en la etapa 206, entonces el bucle establece una posición deseada del rotor relativa al estator. Aquí, establece la posición deseada igual a la posición actual en una etapa 208. La etapa de establecer la posición deseada igual a la posición actual en la etapa 208 utiliza la posición actual que fue estimada en la etapa 202. Con la posición deseada establecida en la etapa 208, el proceso vuelve a la etapa 202 y estima otra vez la posición actual del rotor relativa al estator. Este valor de posición actual estimada es almacenado para uso posterior.

Si el modo de trinquete estaba previamente activo en la etapa 206, entonces el controlador 154 determina si el trinquete está establecido para rotación de avance (sentido horario) o de retroceso (sentido antihorario) en la etapa 210. En algunas realizaciones, el sentido de rotación está asociado enteramente con la configuración del selector de modo. Por ejemplo, si el selector de modo está establecido en un modo de avance, entonces el sentido se puede establecer como de avance. Si el selector de modo está establecido en un modo de retroceso, entonces el selector de sentido no se puede establecer como de avance, pero en cambio se establece de retroceso. En algunos ejemplos, como se ha indicado anteriormente, el sistema 100 se puede configurar para trinquete únicamente en un solo sentido. En consecuencia, el selector de sentido en la etapa 210 también puede estar en un estado para determinar si el trinquete está activo y por lo tanto, en algunos ejemplos, puede ser una parte de la etapa 204.

En este ejemplo, en el que el trinquete se puede seleccionar para ser de avance o de retroceso, el procedimiento continúa desde la etapa 210 dependiendo del sentido seleccionado. Si el sentido es de avance en la etapa 210, entonces el procedimiento determina la diferencia entre la posición deseada y la posición actual tomada por último en la etapa 202. Esta diferencia se denomina en el presente documento como valor de error. El valor de error se compara entonces con un valor de umbral preestablecido x para determinar si se usa el motor para contrarrestar la carga aplicada y si se usa el sistema como un trinquete. El valor de umbral x es una variable que permite cierto movimiento desde la posición deseada antes de que el motor sea activado. En algunos ejemplos sin embargo, el valor x es cero o substancialmente cero.

En la etapa 212, si el valor de error entre las posiciones actual y deseada es mayor que el valor preestablecido x , entonces el controlador 154 conmuta el motor para lograr la posición deseada en una etapa 214. En consecuencia, a medida que el alojamiento de destornillador empieza a desplazarse con respecto al portaherramientas y a atornillar la herramienta en el destornillador 102, el valor de error entre la posición actual y la posición deseada aumenta hasta que supera el valor preestablecido x . Una vez que el valor de error es superior a x , el controlador 154 controla el motor con suficiente potencia como para compensar eficazmente el par que se está aplicando para mantener el rotor substancialmente en la posición deseada relativa al estator. Esto no necesariamente requiere llevar el error a cero, sino que puede incluir meramente limitar o controlar incrementos adicionales en el valor de error. Así, a medida que el usuario rota el destornillador 102 en avance sin oprimir el gatillo 122, el motor mantiene substancialmente la posición de rotor relativa al estator, atornillando de ese modo manualmente el equipo físico, tal como un tornillo óseo. Además, dado que el valor de umbral de x puede ser en microgrados, el desplazamiento relativo puede ser imperceptible para el usuario. En un ejemplo, el valor de x asciende a menos de un grado del movimiento relativo.

Si en la etapa 212, el valor de error entre las posiciones actual y deseada es inferior al valor de x , entonces el procesador 154 determina en una etapa 216 si el valor de error es inferior a cero. Un valor inferior a cero en la etapa 216 indica que el rotor 162 está siendo girado en retroceso con respecto al estator 160. Coherente con el funcionamiento de trinquete mecánico convencional, la rotación en giro libre en un sentido está permitida mientras la rotación en el otro sentido no lo está. En consecuencia, en esta realización, el motor no es controlado para limitar o impedir la rotación en sentido de retroceso en la etapa 216. En consecuencia, si el valor de error entre las posiciones actual y deseada es inferior a cero, entonces el controlador 254 restablece la posición deseada a la posición actual detectada en la etapa 218. Esto proporciona un nuevo punto inicial (posición deseada).

Si en la etapa 216, el valor de error entre la posición actual y la deseada no es inferior a cero, pero tampoco era mayor que x en la etapa 212, entonces el controlador vuelve a la etapa 202 y empieza de nuevo el proceso.

Volviendo ahora a la etapa 210, si la configuración de trinquete no se estableció para trinquete en avance, entonces

en un ejemplo el controlador 154 determina el valor de error entre la posición actual y la posición deseada y lo compara con un valor negativo de x ($-x$) en la etapa 220. El funcionamiento es entonces de una manera similar a la descrita anteriormente con referencia a las etapas 212, 214, 216 y 218 pero utilizando el sentido opuesto, teniendo como resultado una x negativa. Esto es, si el valor de error es inferior a x negativa, entonces el controlador 154 controla el motor para mantener la posición actual en la posición deseada en la etapa 214. Como tal, el sistema limita o impide eficazmente el movimiento relativo del destornillador 102 y el portaherramientas o un destornillador en el portaherramientas. Si el valor de error entre las posiciones actual y deseada no es inferior a x negativa, entonces el controlador 154 determina si el valor de error es mayor que cero en una etapa 222. Si el valor de error es mayor que cero, entonces en la etapa 218, la posición deseada se establece igual a la posición actual. Si no es mayor que cero, entonces el procesador vuelve a la etapa 202.

El procedimiento 200 descrito en la figura 4 es para un sistema que permite trinquete en los dos sentidos de avance y de retroceso, dependiendo de la configuración. Algunas realizaciones permite el trinquete únicamente en un sentido, tal como el sentido de avance. En un sistema de este tipo, las etapas 220 y 222 pueden no estar presentes. Como el motor es alimentado para impedir o limitar el movimiento relativo entre el portaherramientas y el destornillador 102, un usuario puede atornillar el instrumento o la herramienta, ya sea un tornillo, un macho de atornillar, una broca u otro instrumento o herramienta, haciendo rotar el destornillador 102 en sentido de avance sin oprimir el gatillo.

En un ejemplo, el sistema 100 está configurado de modo que cuando el destornillador es rotado manualmente en el sentido de rotación en giro libre, el destornillador 102 o consola de control 104 emite un sonido de clic. Por ejemplo, el sonido de clic puede ser emitido cuando el sistema está en un modo de trinquete y el portaherramientas se desplaza con respecto al cuerpo de destornillador un intervalo de rotación preestablecido, medido por el desplazamiento del rotor relativo al estator. En una realización, el controlador 154 está configurado para generar una señal que da como resultado un ruido de clic una vez cada diez grados de rotación en giro libre. El altavoz que emite el ruido de clic se puede disponer en el destornillador 102 o en la consola de control 104. En consecuencia, los usuarios pueden oír un clic generado electrónicamente de la misma manera que los usuarios pueden oír un clic generado mecánicamente en un sistema mecánico convencional, tal como piñones dentados con sistemas de garra. En algunos ejemplos, en lugar de un sonido de clic audible, la modulación de anchura de pulso de la tensión del motor proporciona retroinformación audible al usuario. Por ejemplo, a medida que aumenta el par de árbol aplicado, un tono audible generado por el motor puede proporcionar retroinformación al usuario. En algunos ejemplos, a medida que aumenta el par, el volumen del tono audible aumenta, o como alternativa a medida que aumenta el par, aumenta la altura tonal (basada en frecuencias).

Aunque se muestra y se describe como que tiene tanto destornillador como una consola de control, algunas realizaciones de la presente divulgación incluyen un destornillador que contiene la capacidad de procesamiento que se divulga en el presente documento como que está en la consola de control 104. En consecuencia, en algunos ejemplos, el controlador 154 está dispuesto en el propio destornillador. Además, aunque la realización mostrada divulga energía de funcionamiento consumida de la consola de control 104, algunas realizaciones de destornillador incluyen su propia fuente de energía aparte, tales como fuente de energía de batería, utilizando ya sea una batería recargable o baterías primarias. Algunas realizaciones incluyen un cable eléctrico que se puede conectar en una toma eléctrica convencional.

En algunos ejemplos el destornillador es una herramienta quirúrgica configurada para ser utilizada en un entorno quirúrgico. En consecuencia, el destornillador se puede configurar de una manera para ser esterilizado mediante un autoclave. Además, el destornillador se puede configurar para ser enteramente autosuficiente, sin respiraderos o alivios de material ni filamentos del motor que podrían introducir contaminación en un campo estéril.

Como se ha descrito anteriormente, la capacidad de giro libre del trinquete eléctrico incluye no alimentar el motor para impedir el desplazamiento de motor en el segundo sentido de giro libre opuesto al primer sentido de atornillado. En consecuencia, un usuario puede rotar libremente el destornillador con respecto al tornillo en el segundo sentido opuesto. En algunas realizaciones, la capacidad de giro libre del trinquete eléctrico también proporciona cierto pequeño nivel de potencia de motor para compensar el arrastre de tren destornillador cuando se hace rotar el motor en un segundo sentido de giro libre. En consecuencia, en algunos ejemplos, cuando el arrastre de tren destornillador supera la fuerza de fricción en el equipo físico quirúrgico (tal como un tornillo óseo), el equipo físico todavía no rota con el destornillador en los dos sentidos primero de atornillado y segundo de giro libre. En cambio, rota con el destornillador en el primer sentido de atornillado, pero el motor funcionará para compensar el arrastre inherente en el destornillador de modo que el destornillador no rote con el destornillador en el segundo sentido de giro libre. Esto proporciona al usuario la percepción de que la función de trinquete eléctrico está rotando en giro libre en el segundo sentido de giro libre, aunque las fuerzas de arrastre están siendo superadas por el motor.

Los dispositivos, sistemas y procedimientos descritos en el presente documento proporcionan un sistema mejorado para atornillar herramientas quirúrgicas, tales como anclajes óseos y otras herramientas quirúrgicas. Los solicitantes señalan que los procedimientos descritos en el presente documento son meramente ejemplares y que los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento se pueden utilizar para otros numerosos procesos y procedimientos. Aunque se han ilustrado y descrito en detalle varias realizaciones seleccionadas, se entenderá que

son ejemplares y que son posibles diversas sustituciones y alteraciones sin apartarse del alcance de la presente invención, como es definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de destornillador eléctrico (100) que comprende:

5 un alojamiento de destornillador (105) que tiene una parte de asidero (106) configurada para el agarre por parte de un usuario;
 un motor dispuesto dentro del alojamiento, comprendiendo el motor un estator y un rotor, estando el rotor dispuesto rotacionalmente dentro del estator;
 un extremo de trabajo (116) que proporciona una salida rotacional, estando el extremo de trabajo acoplado
 10 mecánicamente al rotor;
 una fuente de energía (114) dispuesta para proporcionar energía al motor; **caracterizada por que** un controlador (104) dispuesto para recibir señales representativas de un estado de motor sobre la base de las señales recibidas, con el fin de controlar el motor de una manera que proporcione una capacidad de trinquete eléctrico.

15 **2.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado para recibir señales indicativas de una ubicación del rotor relativa al estator y está configurado para alimentar el motor para mantener una posición deseada del rotor relativa al estator en un primer sentido.

20 **3.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 2, en el que el controlador está configurado para permitir la rotación en giro libre del rotor relativa al estator en un segundo sentido opuesto al primer sentido.

25 **4.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 1, que comprende además un destornillador y una consola de control aparte, comprendiendo el destornillador el alojamiento de destornillador, el motor y el extremo de trabajo, y comprendiendo la consola de control el controlador, estando la consola de control en comunicación eléctrica con el destornillador para controlar el motor.

30 **5.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 1, en el que las señales representativas de un estado de motor son señales que indican una posición del rotor relativa al estator, y en el que el controlador está configurado para determinar la posición del rotor basándose en las señales.

6. El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 1, que comprende:

un selector de modo; y
 un dispositivo de entrada para regular el motor,
 35 y en el que el controlador está configurado para funcionar en un modo de trinquete cuando el selector de modo está en un modo de avance y el dispositivo de entrada no está oprimido.

40 **7.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 6, en el que el controlador está configurado para recibir señales indicativas de una posición del rotor relativa al estator, y en el que el controlador está configurado para determinar la posición relativa deseada del rotor basándose en las señales.

45 **8.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 6, en el que el alojamiento de destornillador está configurado para emitir señales representativas de una posición de rotor real relativa al estator, y en el que la consola de control está configurada para establecer una posición de rotor deseada, está configurada para recibir las señales representativas de la posición de rotor real desde el alojamiento de destornillador, y está configurada para determinar cuándo la posición de rotor real se desvía de la posición de rotor deseada, en el que el controlador está configurado para conmutar el motor cuando la posición de rotor real se desvía de la posición de rotor deseada sobre una cantidad de umbral preestablecida.

50 **9.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 5 o la reivindicación 7, en el que las señales son unas de señales indicativas de la fuerza electromagnética del motor y señales de los elementos sensores de rotor.

55 **10.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado y dispuesto para controlar el motor de una manera que proporciona una capacidad de trinquete eléctrico mediante:

establecer una posición deseada del rotor relativa al estator; y
 conmutar el motor cuando se aplica par en un primer sentido contra el rotor para mantener substancialmente el rotor en la posición deseada.

60 **11.** El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 10, en el que el controlador está configurado y dispuesto además para controlar el motor de una manera que proporciona una capacidad de trinquete eléctrico mediante:

65 permitir el desplazamiento en giro libre del rotor cuando se aplica el par en un segundo sentido contra el rotor.

12. El sistema de destornillador eléctrico de la reivindicación 1, en el que el alojamiento de destornillador y el motor

se pueden tratar en autoclave para esterilizar el alojamiento antes de un procedimiento quirúrgico.

13. Un procedimiento para hacer funcionar un sistema de destornillador eléctrico según la reivindicación 1 que comprende:

- 5
estimar una posición de rotor inicial relativa a un estator;
establecer una primera posición de rotor deseada relativa al estator que es substancialmente equivalente a la posición de rotor inicial;
10 conmutar el motor para mantener substancialmente la primera posición de rotor deseada relativa al estator y la carga de compensación en el rotor aplicada en un primer sentido;
permitir el desplazamiento de la posición de rotor real dentro del estator en respuesta a la carga aplicada en el rotor en un segundo sentido; y
establecer una segunda posición de rotor deseada relativa al estator que es substancialmente equivalente a la posición de rotor desplazada.

15 **14.** El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende:

- determinar un factor de error como una diferencia entre la primera posición de rotor deseada y la posición de rotor real; y
20 realizar la etapa de conmutar el motor para mantener substancialmente la primera posición de rotor deseada cuando el factor de error supera un valor de umbral preestablecido.

15. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende:

- 25 determinar un factor de error como una diferencia entre la primera posición de rotor deseada y la posición de rotor real; y
realizar la etapa de establecer una segunda posición de rotor deseada cuando la posición de rotor deseada es positiva y el factor de error es negativo o cuando la posición de rotor deseada es negativa y el factor de error es positivo.

30 **16.** El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende además:

- determinar si la capacidad de trinquete eléctrico está activa;
determinar si un selector de modo está en modo de avance o de retroceso; y
35 generar una señal para emitir un ruido de clic audible a medida que la posición de rotor real gira libre desde la posición de rotor deseada.

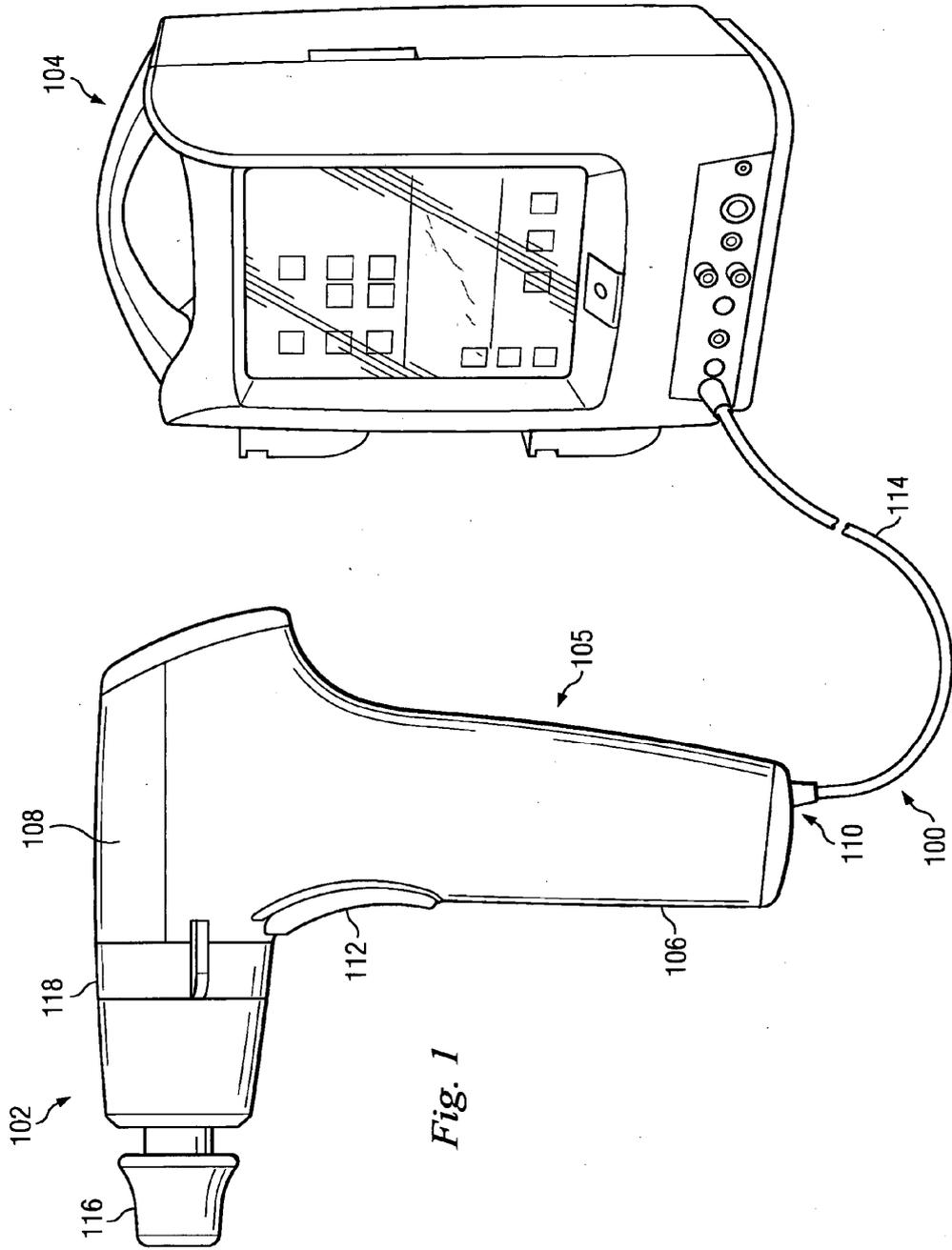


Fig. 1

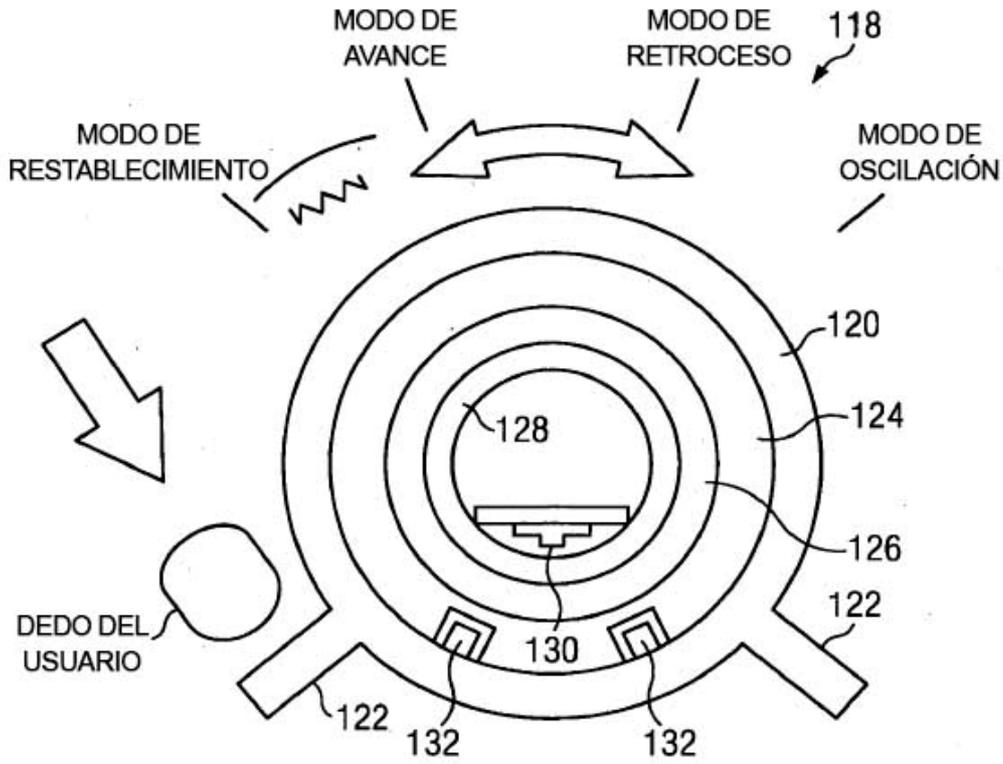


Fig. 2

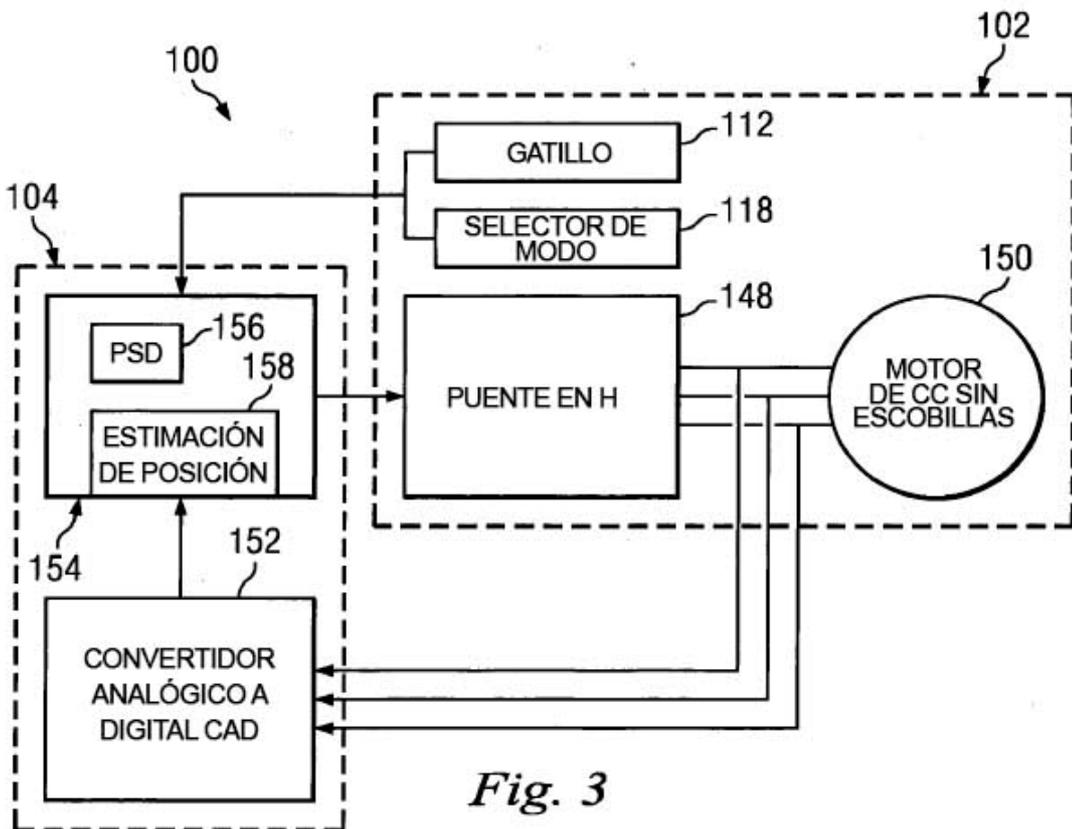


Fig. 3

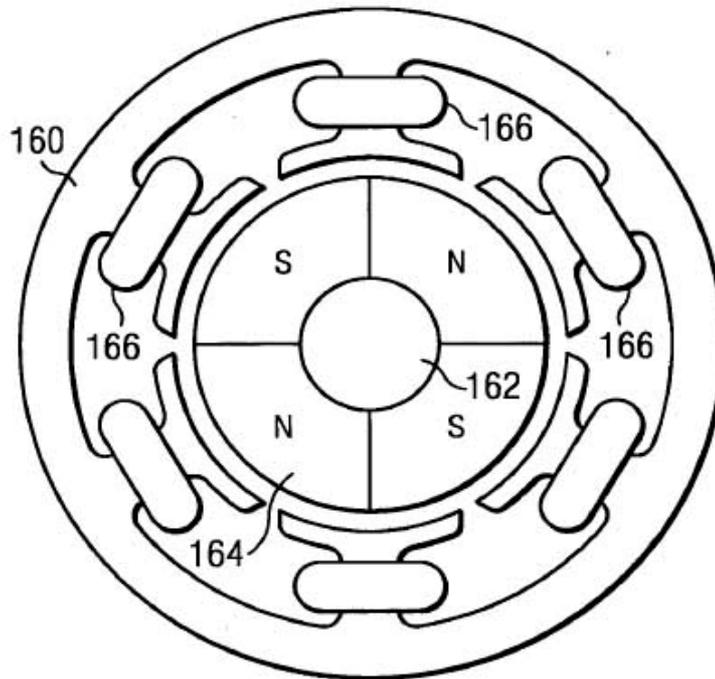


Fig. 4

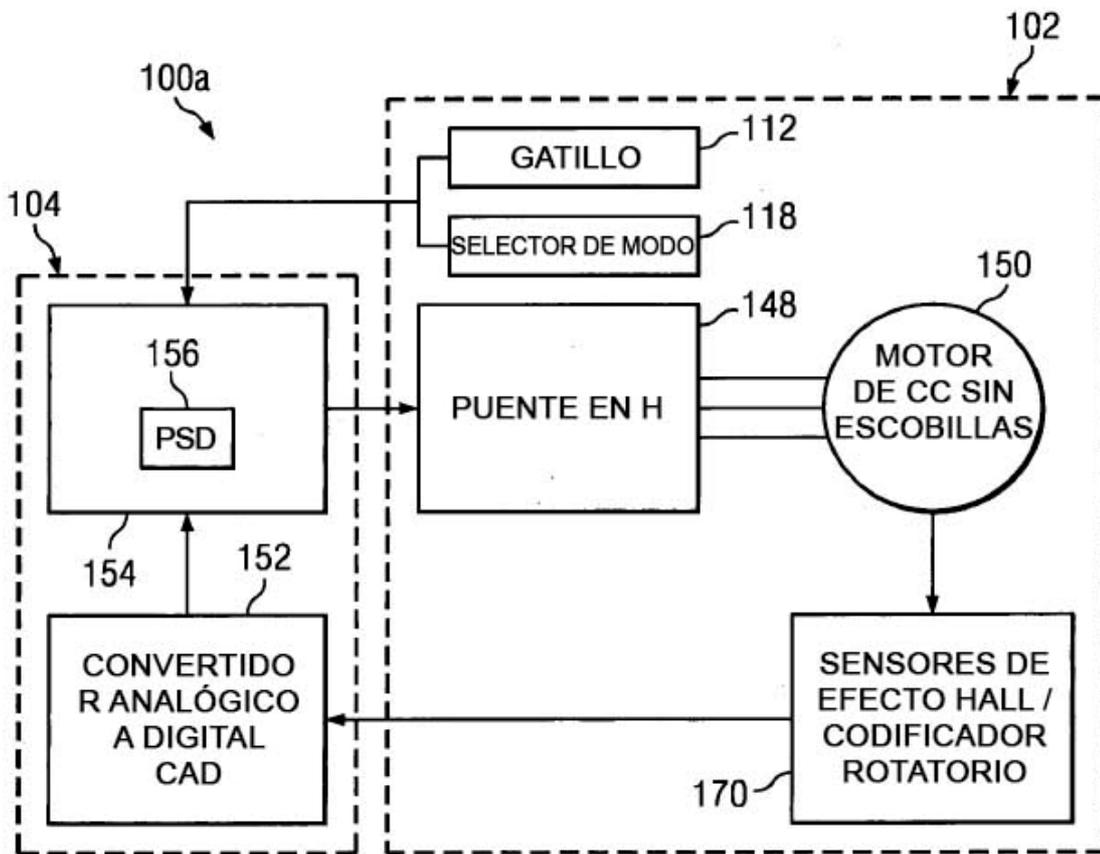


Fig. 5

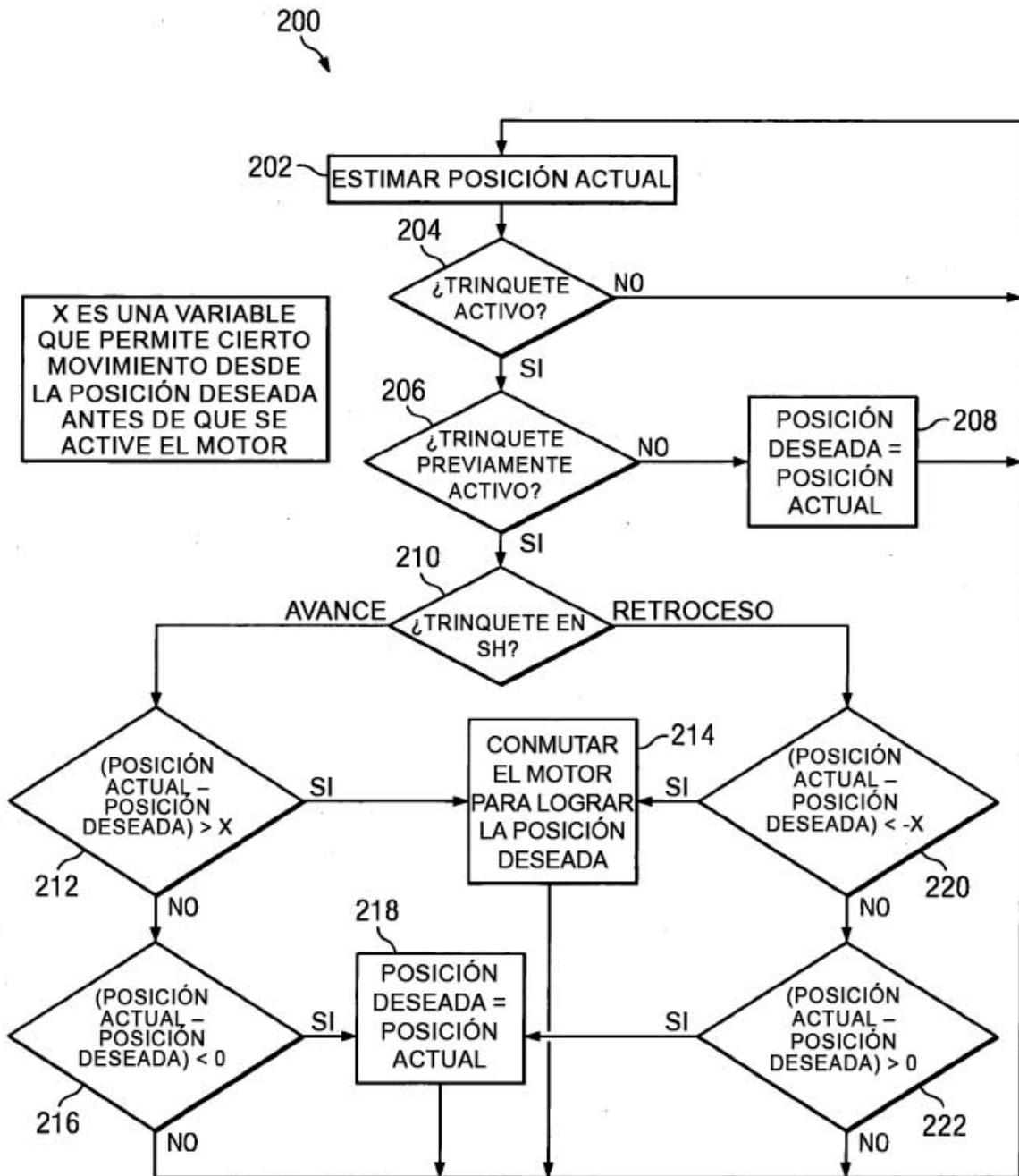


Fig. 6