

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 458**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/22** (2006.01)

**B25J 5/00** (2006.01)

**G01N 29/265** (2006.01)

**G05D 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2016 PCT/IB2016/000189**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.08.2016 WO16132213**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2016 E 16715862 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3259586**

54 Título: **Mecanismo de despliegue para normalización pasiva de un instrumento con relación a la superficie de una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

**18.02.2015 US 201514624726**

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

**30.07.2020**

73 Titular/es:

**SAUDI ARABIAN OIL COMPANY (50.0%)  
1 Eastern Avenue  
Dhahran 31311, SA y  
HIBOT CORPORATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GONZALEZ, PABLO EDUARDO CARRASCO  
ZANINI;  
ABDELLATIF, FADL;  
PATEL, SAHEJAD;  
HIROSE, SHIGEO;  
GUARNIERI, MICHELE y  
DEBENEST, PAULO**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

ES 2 776 458 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**

Mecanismo de despliegue para normalización pasiva de un instrumento con relación a la superficie de una pieza de trabajo

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato para soportar un instrumento, tal como un sensor (por ejemplo, sonda ultrasónica) y más particularmente, a un aparato que se configura para transportar el sensor de manera que el sensor pueda bajarse o desplegarse contra una superficie (por ejemplo, una pared de tubería) y automáticamente se vuelve al menos sustancialmente normal a la superficie tras el contacto entre al menos una porción del aparato y la superficie.

Antecedentes

15 La inspección de rutina del equipamiento es crítica en la mayoría de las industrias para garantizar la seguridad y optimizar el rendimiento. Por ejemplo, en la industria del petróleo y campos relacionados, los líquidos y gases y sus mezclas se transportan a través de tuberías y estos materiales también se almacenan en grandes tanques.

20 En esta industria se sabe que, para mantener la integridad de las tuberías, tanques de almacenamiento y similares, puede emplearse un dispositivo sensor para inspeccionar tales superficies. En particular, puede usarse un vehículo de inspección para viajar a través de una superficie del objeto objetivo (por ejemplo, una tubería o tanque) y registrar información sobre la calidad de la pared de la tubería. La mayoría de estos vehículos de inspección usan sensores ultrasónicos o magnéticos para llevar a cabo la inspección. Con base en la información registrada, cualquier grieta u otra deficiencia en la superficie que está inspeccionándose (por ejemplo, la pared de la tubería) puede detectarse y anotarse para permitir que se tomen medidas correctivas posteriores.

25 Si bien hay varios sensores diferentes que pueden usarse en dichos vehículos de inspección, un tipo preferido de sensor ultrasónico es una sonda de acoplamiento seco (DCP) que se configura para realizar una inspección ultrasónica de la superficie para medir el espesor de la pared y detectar la corrosión. Las sondas de acoplamiento seco se construyen normalmente en forma de una rueda en la que un eje (eje fijo) se destina a mantenerse fijo ya que el eje tiene el componente transductor rígidamente incrustado en él mientras un neumático exterior gira alrededor del eje. Por lo tanto, el eje de la sonda debe mantenerse y colocarse de manera que el transductor siempre apunte a la superficie, lo que significa que la rueda no se incline en sus direcciones de rodadura y de paso.

30 Por lo tanto, uno de los desafíos al usar una DCP es que la sonda siempre debe estar perpendicular (normal) a la superficie que se está inspeccionando y esto puede ser un desafío mientras el vehículo de inspección es móvil y navega por la superficie. Esto es especialmente difícil ya que el vehículo de inspección puede conducir de forma circunferencial, longitudinal y helicoidal en una superficie de tubería o tanque, lo que significa que la DCP debe realinearse para garantizar que la DCP sea normal a la superficie que se inspecciona, independientemente de la ubicación del vehículo de inspección.

40 Por lo tanto, la presente invención se dirige a un mecanismo (dispositivo/aparato) que normaliza el sensor (por ejemplo, DCP) y también permite que el sensor se levante de la superficie que se está inspeccionando cuando no se realiza la inspección para evitar un desgaste innecesario principalmente mientras el vehículo de inspección se dirige y/o traslada a un lugar de inspección diferente.

45 El documento US 2014/305217 A1 describe un mecanismo para ajustar la orientación de un efector terminal (por ejemplo, un sensor de inspección no destructivo) durante el movimiento sobre una superficie contorneada, que comprende: un eje de émbolo neumático o de resorte que facilita la colocación de un efector terminal sobre una superficie altamente contorneada permitiendo un amplio rango de movimiento vertical; un balancín acoplado de manera pivotante a un extremo distal del eje del émbolo, el balancín puede pivotar alrededor de un eje horizontal para permitir que un par de ruedas seguidoras acopladas a los extremos distales de los brazos del balancín sigan la superficie contorneada y mantengan el efector terminal orientado correctamente en relación con la superficie sin volcarse; y un soporte de efector terminal unido al balancín para su rotación, estando acoplado el efector terminal al soporte de efector terminal mediante una junta elastomérica o una pluralidad de resortes que permiten que la orientación del efector terminal con respecto al soporte de efector terminal cambie en respuesta a las fuerzas de contacto.

50 El documento DE 10 2012 208095 A1 describe un método que implica determinar una posición y orientación del objetivo en un espacio de un efector terminal que se fija a un brazo de robot o un punto central de herramienta que se dispone en el brazo de robot, para el cual se asigna un sistema de coordenadas de referencia con coordenadas polares. Se determinan las posiciones de un dispositivo de soporte móvil en las coordenadas polares del sistema de coordenadas de referencia, incluida una orientación de la unidad de soporte móvil en relación con el sistema de coordenadas de referencia, de manera que el punto central de herramienta asume la posición objetivo y la orientación del objetivo especificadas. Se determinan la posición del dispositivo de soporte móvil en las coordenadas de un sistema de coordenadas global fijo y las posiciones angulares de los ejes del brazo de robot, de manera que el punto central de herramienta asume la posición objetivo y la orientación objetivo especificadas.

65 El documento WO 2012/126559 A2 se refiere a un sistema de limpieza para limpiar plantas de colectores cilindro parabólico compuestas por vehículos de limpieza con medios móviles, medios de limpieza y medios operativos de los

5 mismos. Los vehículos de limpieza son autónomos e independientes entre sí, y tienen medios de navegación que guían y dirigen el vehículo de limpieza en su movimiento a lo largo de la planta. Los medios de navegación se forman por un sistema de navegación relativo con una unidad inercial y sensores de distancia, que miden la distancia del vehículo de limpieza al colector cilindro parabólico, y un sistema de navegación absoluto con un subsistema de posicionamiento GPS. Un sistema de control integra y controla los medios de limpieza, los medios operativos, los medios de movimiento y los medios de navegación de los vehículos de limpieza.

10 El documento EP 2 662 689 A2 describe una plataforma robótica controlada por computadora con un brazo de elevación plegable que coloca un sensor de inspección no destructiva (NDI) para escanear dentro de las regiones de túnel de una estructura compuesta, tal como una caja de ala integralmente rígida. El brazo de elevación de un mecanismo de elevación de tijera modificado puede plegarse a una altura muy baja para pasar a través de secciones estrechas de la caja de ala integralmente rígida, y también extenderse en más de un factor de tres para alcanzar la altura máxima de los túneles de la caja de ala. El sistema realiza un proceso de detección y control de posición vertical que usa cinemática inversa para permitir el control de posición usando datos de un codificador rotatorio estándar en el motor para determinar la posición vertical. El sistema produce pulsos codificadores simulados que representan desplazamientos verticales unitarios de una porción distal de un mecanismo de elevación de tijera modificado utilizando una ecuación cinemática de avance en la que el ángulo de rotación de un tornillo de avance es una variable de entrada.

20 **Resumen**

Se proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 1.

25 De acuerdo con un ejemplo, un aparato puede configurarse para transportar un instrumento/sonda que puede configurarse para inspeccionar una superficie, tal como una tubería de metal o un tanque de almacenamiento, y el aparato también puede configurarse para acoplarse a un vehículo de inspección. El instrumento puede tener la forma de una sonda de sensor, tal como una que se configure para inspeccionar la integridad de la superficie y una primera conexión que se acople operativamente a la sonda de sensor y se configure para mover la sonda de sensor de acuerdo con un primer grado de libertad. Puede conectarse operativamente un actuador a la primera conexión para mover la primera conexión a fin de mover la sonda de sensor de acuerdo con el primer grado de libertad. Puede conectarse operativamente una segunda conexión a la sonda de sensor y configurarla para mover pasivamente la sonda de sensor de acuerdo con un segundo grado de libertad para hacer que la sonda de sensor se vuelva al menos sustancialmente normal a la superficie tras el contacto entre al menos una porción del aparato (por ejemplo, la segunda conexión) y la superficie. El primer grado de libertad puede ser un movimiento hacia arriba y hacia abajo (por ejemplo, el sensor puede moverse hacia arriba y hacia abajo, pero a lo largo de una trayectoria ligeramente curva) (que generalmente puede considerarse como una dirección de paso) para permitir una bajada (despliegue) y elevación de la sonda de sensor y el segundo grado de libertad pueden ser movimientos en la dirección de rodadura. Por lo tanto, el primer grado de libertad no puede limitarse al movimiento solo en una dirección lineal, sino que puede incluir una trayectoria curva.

40 La primera conexión es un mecanismo activo en el sentido de que la primera conexión se conduce por la operación del actuador: sin embargo, la segunda conexión es un mecanismo pasivo en el sentido de que la segunda conexión normaliza automáticamente la sonda de sensor cuando se despliega y al menos una porción del aparato (por ejemplo, la segunda conexión) contacta la superficie.

45 Por lo tanto, se entenderá que la normalización que se discute en la presente descripción ocurre cuando al menos una porción del aparato hace contacto con la superficie. Por ejemplo, la porción del aparato que hace contacto puede tener la forma de la segunda conexión y puede incluir o no el objeto que transporta el aparato (es decir, el sensor(sonda)). Por ejemplo, en algunas modalidades, no es deseable que el objeto que se transporta (por ejemplo, un dispositivo de imagen (cámara) o instrumento láser) haga contacto físico con la superficie. En cambio, en estas modalidades, el objeto permanece suspendido por el aparato (por ejemplo, la segunda conexión) y ligeramente separado de la superficie, mientras que otra porción del aparato, tal como la segunda conexión, está en contacto con la superficie.

50 Este mecanismo que proporciona la presente invención es particularmente útil para sensores direccionales sensibles, tales como una sonda de acoplamiento seco que requiere que su componente transductor interno esté siempre normal a la superficie inspeccionada para obtener lecturas adecuadas de la misma.

55 **Breve Descripción de las Figuras**

60 La Figura 1 es una vista lateral de un dispositivo externo, tal como un vehículo de inspección, con un dispositivo para transportar una sonda de sensor de acuerdo con la presente invención;

la Figura 2 es una vista en perspectiva lateral del dispositivo de la Figura 1;

65 la Figura 3 es una vista en elevación lateral del dispositivo de la Figura 1 que muestra una primera conexión; la Figura 4 es una vista en elevación frontal del dispositivo de la Figura 1 que muestra una segunda conexión;

la Figura 5 es una vista en perspectiva despiezada del dispositivo de la Figura 1;

la Figura 6 es otra vista en perspectiva despiezada del dispositivo de la Figura 1;

la Figura 7 es una vista en elevación frontal de una porción de una transmisión del dispositivo de la Figura 1 de acuerdo con una primera modalidad;

la Figura 8 es una vista en elevación frontal de una porción de una transmisión del dispositivo de la Figura 1 de acuerdo con una segunda modalidad;

la Figura 9A es un esquema que muestra la segunda conexión en un primer estado;

la Figura 9B es un esquema que muestra la segunda conexión en un segundo estado después de que se ha aplicado una fuerza a la misma;

la Figura 10A es un esquema que muestra una conexión T convencional en un primer estado;

la Figura 10B es un esquema que muestra la conexión T convencional en un segundo estado después de que se ha aplicado una fuerza a la misma;

las Figuras 11A y 11B muestran un gráfico que compara una trayectoria de una sonda de sensor que es parte de la conexión T convencional (Figura 11A) contra una sonda de sensor que es parte de la segunda conexión (Figura 11B);

la Figura 12A es una vista en elevación lateral de la sonda de sensor sobre una superficie plana que ilustra que el ángulo de contacto entre la sonda y la superficie puede ser al menos sustancialmente normal debido a la construcción de la presente invención;

La Figura 12B es una vista en elevación lateral de la sonda de sensor en una tubería de 8 pulgadas que ilustra que el ángulo de contacto entre la sonda y la superficie puede ser al menos sustancialmente normal debido a la construcción de la presente invención; y

la Figura 12C es una vista en elevación lateral de la sonda de sensor en una tubería de 13 pulgadas que ilustra que el ángulo de contacto entre la sonda y la superficie puede ser al menos sustancialmente normal debido a la construcción de la presente invención.

#### Descripción Detallada de Ciertas Modalidades

La Figura 1 generalmente muestra un dispositivo externo 10 y un aparato (mecanismo) 100 que se configura para acoplarse de forma liberable a un dispositivo externo 10 y para llevar un sensor de sonda de manera que el sensor pueda bajarse o desplegarse contra una superficie 11, tal como una superficie de una tubería o tanque de almacenamiento, y se vuelve automáticamente normal a la superficie 11 tras el contacto entre al menos una porción del aparato 100 y la superficie. Como se describe en la presente descripción, se apreciará que el dispositivo externo 10 no necesariamente tiene que hacer contacto con la superficie, sino que una o más partes del aparato 100 pueden hacer contacto.

El dispositivo externo 10 puede tener la forma de un vehículo de inspección (tal como un robot como se muestra en la presente descripción), un soporte portátil, una pinza de brazo robótico, un PIG o raspador para inspección en tubería, etcétera. En otras palabras, el aparato 100 puede acoplarse a cualquier cantidad de equipos diferentes según la aplicación en particular. Por ejemplo, el aparato 100 puede acoplarse a un soporte portátil y, como se describe en la presente descripción, el diseño del aparato 100 permite que el aparato 100 siga patrones helicoidales que otros soportes portátiles no pueden hacer. El acoplamiento del aparato 100 a una pinza de brazo robótico para la inspección selectiva automatizada de tuberías, vigas y piezas de chapa o hierro fundido en una fundición o fábrica. Solo con fines ilustrativos, el aparato 100 se describe y se muestra como unido a un vehículo de inspección 10; sin embargo, se entenderá que, como se mencionó anteriormente, el aparato 100 puede unirse a otros equipos externos. Por lo tanto, la descripción e ilustración del aparato 100 que se une al vehículo de inspección 10 no limita el alcance de la presente invención.

El vehículo de inspección 10 puede ser cualquier número de vehículos diferentes que puedan conducirse de manera controlable a través de la superficie 11. Por ejemplo, el vehículo de inspección 10 puede ser un dispositivo robótico que puede controlarse por un usuario que puede transmitir comandos de control al vehículo de inspección 10 para controlar la operación del vehículo de inspección 10. De esta manera, el usuario puede conducir efectivamente el vehículo de inspección robótico 10 a través de la superficie y también puede parar y dirigir el vehículo 10. Como se describe a continuación, la información que se captura y graba por el aparato 100 puede transmitirse al usuario usando un protocolo de comunicaciones adecuado que incluye comunicaciones tanto cableadas como inalámbricas (antena inalámbrica 15). El vehículo robótico de inspección 10 puede ser, por lo tanto, un vehículo que tiene dos o más ruedas 12 que permiten que el vehículo robótico de inspección 10 sea conducido a través de la superficie 11. Las ruedas 12 pueden formarse por un material magnético para permitir que el vehículo robótico de inspección 10 se una a una superficie metálica 11, tales como una tubería metálica o un tanque de almacenamiento metálico y pueda moverse a través de ella. El vehículo robótico de inspección 10 incluye además otras partes operativas que incluyen un motor para controlar la rotación de las ruedas y

un mecanismo de dirección, así como un procesador que se configura para generar comandos de usuario para operar el vehículo 10 y también para recibir y registrar la información recibida desde el sensor.

Los detalles del aparato 100 se aprecian mejor a la vista de las Figuras 2-6. El aparato 100 incluye una serie de componentes que pueden considerarse diferentes subconjuntos que se unen para formar el aparato 100 (después del ensamblaje, el aparato 100 tiene la forma de una estructura única que se muestra en la Figura 2). En particular, puede pensarse que el aparato 100 incluye un conjunto de conducción 101 (componente de conducción); una primera conexión 102, una segunda conexión 103 y una estructura de sonda de sensor 104. Como se describe en la presente descripción, el aparato 100 se configura para que pueda unirse de manera acoplada al vehículo de inspección 10, ya que el vehículo de inspección 10 proporciona los medios para mover el aparato 100 a través de la superficie 11 para inspeccionar una o más regiones de la superficie 11.

El componente de conducción 101 del aparato 100 comprende un actuador que se destina a operar en la primera conexión 102 para un movimiento controlado de la misma como se describe en la presente descripción. En la modalidad ilustrada, el componente de conducción 101 incluye un motor 110 y una transmisión 150 que se conecta operativamente al motor 110 y a la primera conexión 102. El motor 110 puede ser cualquier número de diferentes tipos de motores que sean adecuados para su uso en la presente aplicación. Por ejemplo, el motor 110 puede ser un motor de CC sin escobillas que puede controlarse usando una interfaz de usuario (tal como un controlador maestro que se encuentra alejado del vehículo y se controla por un usuario). El motor 110 tiene un eje de conducción giratorio 112 y se conecta a una fuente de alimentación, tal como un paquete de baterías. El motor 110 también se une de forma segura a un soporte de motor 130 que incluye una abertura para recibir el motor 110 (que puede tener una forma alargada como se muestra) y tiene una superficie de montaje 131 que puede ser una superficie plana.

La rotación del eje de conducción 112 del motor 110 se traduce en movimiento de la primera conexión 101 por medio de la transmisión 150. De acuerdo con una modalidad, la transmisión 150 tiene la forma de un conjunto de transmisión helicoidal que, como se sabe, es un tipo de disposición de engranaje. Más particularmente, el conjunto de transmisión helicoidal incluye un tornillo sin fin 152 (que es un engranaje en forma de tornillo) que engrana con un engranaje helicoidal 154 (que es similar en apariencia al engranaje recto y también se llama rueda helicoidal). El tornillo sin fin 152 se acopla de manera fija al eje de conducción 112 o es una parte integral del mismo de manera que la actuación (operación) del motor 110 provoca la rotación del eje de conducción 112 y el tornillo sin fin 152. El eje de conducción 112 y el tornillo sin fin 152 son, por lo tanto, coaxiales y giran alrededor de un primer eje. El componente de conducción 101 también puede incluir una tapa final 155 y un cojinete 157 o similar que soporta rotativamente el tornillo sin fin 152.

El engranaje helicoidal 154 se acopla de manera fija a un eje de engranaje helicoidal 159 que se extiende a lo largo de un segundo eje que es perpendicular al primer eje. Como se describe en detalle a continuación, el engranaje helicoidal 154 y el eje 159 se acoplan a la primera conexión 101 para colocar el engranaje helicoidal 154 en una relación de engranaje con el tornillo sin fin 152. La rotación del tornillo sin fin 152 es traslación en rotación del engranaje helicoidal 154. El eje 159 se une fijamente en su primer extremo al engranaje helicoidal 154.

La primera conexión 102 consta de varias partes que forman la conexión y proporcionan un medio para unir el aparato 100 al vehículo de inspección 10 y también proporcionan un medio para soportar el componente de conducción 101. La primera conexión 102 incluye una primera placa de unión 160, una segunda placa de unión 180 que se separa de la primera placa de unión 160, un primer brazo conector 190 y un segundo brazo conector 200. En una modalidad, el primer y el segundo brazo conector 190, 200 pueden tener diferentes longitudes. Esta característica se describe a continuación con referencia a las Figuras 12A-C.

La primera placa de unión 160 puede ser una estructura plana que tiene un primer extremo (extremo superior) 162 y un segundo extremo opuesto (extremo inferior) 164. La primera placa de unión 160 tiene una primera sección ampliada (sección en ángulo) 163 en el primer extremo 162 y una segunda sección ampliada (sección horizontal) 165 en el segundo extremo 164 con una sección intermedia estrecha (sección vertical) 166 que se forma entre la primera sección 163 y la segunda sección 165. Las secciones primera y segunda ilustradas 163, 165 tienen formas generalmente rectangulares con la primera sección 163 formada en un ángulo con respecto a la segunda sección 165. La sección intermedia estrecha 166 sirve para separar la primera sección 163 de la segunda sección 165 y se orienta perpendicular a la segunda sección 165.

La primera sección 163 se dimensiona y conforma para coincidir con la superficie de montaje 131 del soporte 130. La primera sección 163 incluye una pluralidad de orificios pasantes 167 que reciben sujetadores 169 para unir la primera sección 163 a la superficie de montaje 131 del soporte 130. De esta manera, el motor 110, el tornillo sin fin 152 y el soporte 130 que definen el componente de conducción 101 se fijan y soportan por la primera placa de unión 160.

La sección intermedia estrecha 166 incluye un primer orificio pasante 170, un segundo orificio pasante 172 y un tercer orificio pasante 174. Los orificios pasantes 170, 172, 174 se forman de manera lineal, siendo el primer orificio pasante 170 el orificio más alto, el segundo orificio pasante 172 es el orificio central y el tercer orificio pasante 174 es el orificio más inferior. El eje 159 se extiende a través del primer orificio pasante 170 y gira libremente en él.

La segunda sección 165 incluye una primera superficie final 175 y una segunda superficie final opuesta 177.

La segunda placa de unión 180 tiene un primer extremo (extremo superior) 182 y un segundo extremo opuesto (extremo inferior) 184. La segunda placa de unión 180 incluye una primera sección vertical 183 que termina en el primer extremo 182 y una segunda sección horizontal 185 en el segundo extremo 184. La primera sección vertical 183 y la segunda sección horizontal 185 se dimensionan y conforman para ser complementarias a la sección intermedia estrecha 166 y la segunda sección 165. Más específicamente, la segunda sección horizontal 185 puede ser idéntica a la segunda sección 165. La primera sección vertical 183 incluye tres orificios pasantes que se forman en la misma, a saber, un primer orificio pasante 186, un segundo orificio pasante 187 y un tercer orificio pasante 188. Los orificios pasantes 186, 187, 188 se forman de manera que se alinean axialmente con los orificios pasantes 170, 172, 174, respectivamente, que se forman en la primera placa de unión 160.

La segunda sección horizontal 185 incluye una primera superficie final 181 y una segunda superficie final opuesta 189.

El eje 159 pasa a través del orificio pasante 170 y el orificio pasante 186 con el eje 159 que puede girar libremente en relación con la primera placa de unión 160 y la segunda placa de unión 180.

Como se muestra, las placas de unión primera y segunda 160, 180 se colocan en planos paralelos que están separados entre sí. Más específicamente, la primera placa de unión 160 y la segunda placa de unión 180 se conectan fijamente entre sí para mantener la relación espaciada fija y para evitar el movimiento entre ellas. Las placas de unión primera y segunda 160, 180 pueden conectarse por un conector 135 que tiene una forma alargada y puede tener la forma de una barra que se conecta fijamente en un extremo a la primera placa de unión 160 (como por un sujetador) y en su extremo opuesto a la segunda placa de unión 180 (como por un sujetador). Los dos extremos del conector 135 pueden insertarse en los orificios 172, 187.

Las placas de unión primera y segunda 160, 180 definen un primer enlace de la primera conexión 102.

El primer brazo conector 190 y el segundo brazo conector 200 tienen forma de estructuras que se conectan de manera pivotante tanto al primer enlace (la primera y segunda placa de unión 160, 180) como al vehículo de inspección 10. Como se muestra en las figuras, el primer brazo conector 190 se encuentra por encima del segundo brazo conector 200. El primer brazo conector 190 tiene una porción base 191 (por ejemplo, una barra horizontal) y un primer par de brazos (pestañas) 192 que se extienden hacia afuera desde la porción base 191 en los extremos opuestos de la misma. El primer par de brazos 192 se orientan perpendicularmente a la porción base 191 y se disponen en planos paralelos de manera que en combinación con la porción base 191, se define una primera estructura en forma de U. Los extremos libres de los brazos 192 reciben sujetadores 193 para unir de manera pivotante los brazos 192 a un cuerpo del vehículo de inspección 10. Esto permite que el primer brazo conector 190 gire alrededor del cuerpo del vehículo de inspección 10.

El primer brazo conector 190 también incluye una pluralidad de brazos que se extienden hacia dentro desde la porción base 191 y ubicaciones intermedias entre los dos extremos de la porción base 191. Como se muestra en las figuras, un primer brazo interno 194 se forma cerca de un extremo de la porción base 191 y el segundo y tercer brazos internos 195, 196 se forman cerca del otro extremo de la porción base 191. Los brazos internos segundo y tercero 195, 196 se forman uno junto al otro para definir un espacio o ranura 197 entre ellos. Los brazos internos primero, segundo y tercero 194, 195, 196 se forman perpendiculares a la porción base 191 y se ubican en planos paralelos. Los planos que contienen el primer par de brazos 192 y los brazos 194, 195, 196 pueden ser paralelos entre sí.

Los extremos libres de los brazos internos 194, 195, 196 incluyen orificios pasantes que reciben el eje 159. El eje 159 gira libremente en relación con estos brazos 194, 195, 196 y también, como se mencionó anteriormente, gira libremente en relación con la primera placa de unión 160 y la segunda placa de unión 180.

Cuando el primer brazo conector 190 se ensambla a la primera y segunda placas de unión 160, 180, la primera sección vertical 183 de la segunda placa de unión 180 se recibe dentro de la ranura 197 para colocar la primera sección vertical 183 entre los brazos 195, 196. La sección intermedia estrecha 166 de la primera placa de unión 160 se coloca adyacente y dentro del brazo 194. Una vez más, el eje 159 que se extiende a través de estas partes sirve para acoplar todas las partes juntas, pero de una manera en la que el eje 159 gira libremente.

El extremo del eje 159 que se opone al engranaje helicoidal puede recibirse con un miembro de soporte o similar 161 que se recibe dentro de un rebajo que se forma a lo largo de una superficie externa del brazo 196. El miembro de soporte 161 puede tener una forma circular. Además, puede usarse una tapa final o sujetador 137 para evitar el movimiento lateral del eje 159. En particular, puede unirse de forma roscada un perno 137 al extremo libre del eje 159 adyacente al miembro de soporte 161, restringiendo así el movimiento lateral del eje 159.

De acuerdo con una modalidad que se muestra mejor en las Figuras 4 y 8, el eje 159 puede acoplarse al primer brazo conector 190 por un primer miembro de derivación 210. Más específicamente, el eje 159 puede incluir una estructura de soporte 212 a la que se une un extremo del primer miembro de derivación 210, con el segundo extremo opuesto del primer miembro de derivación 210 unido al primer brazo conector 190. El primer miembro de derivación 210 puede tener la forma de un resorte torsional que se envuelve (enrolla) alrededor de una longitud del eje. La estructura de soporte 212 puede tener la forma de un disco que se conecta de forma fija al eje 159 en una ubicación adyacente a una superficie interna de la primera placa de unión 160. Un extremo del resorte torsional 210 puede unirse de manera fija al disco 212 (que gira al

unísono con el eje 159) y el otro extremo del resorte torsional 210 puede unirse al brazo 195 del primer brazo conector 190 (que no se mueve). Como resultado de esta orientación, cuando el componente de conducción 101 hace que el eje 159 gire en una dirección, el resorte 210 comenzará a enrollarse y almacenar energía. Como se describe a continuación, el resorte torsional 159 transfiere la rotación del motor a una elevación y descenso del aparato 100.

Alternativamente, como se muestra en la Figura 7, el pasador fijo 215 puede usarse para acoplar el eje 159 al primer brazo conector 190 para traducir la rotación del eje 159 (como resultado de la conducción del motor) en la elevación y descenso del aparato 100 que se desea.

Se apreciará que el disco 212 puede disponerse inicialmente entre las dos placas de unión 160, 180 y el eje 159 puede alimentarse a través del orificio 170 en la placa 160 y luego a través de un orificio central en el disco 212 antes de pasarse a través de los orificios respectivos que se forman en la segunda placa de unión 180 y los brazos 195, 196. Puede usarse cualquier cantidad de técnicas para unir de manera fija el disco 212 al eje 160, incluyendo el uso de sujetadores, mecanismos de ajuste a presión, etcétera. Tanto el disco 212 como el resorte torsional 210 se disponen entre la primera placa de unión 160 y el brazo 195.

El segundo brazo conector 200 es similar al primer brazo conector 190 e incluye una porción base 201 (por ejemplo, una barra horizontal) y un primer par de brazos (pestañas) 202 que se extienden hacia afuera desde la porción base 201 en los extremos opuestos de la misma. El primer par de brazos 202 se orientan perpendicularmente a la porción base 201 y se disponen en planos paralelos de manera que, en combinación con la porción base 201, se define una primera estructura en forma de U. Los extremos libres de los brazos 202 reciben sujetadores 205 para unir de manera pivotante los brazos 202 a un cuerpo del vehículo de inspección 10. Esto permite que el segundo brazo conector 200 pivote sobre el cuerpo del vehículo de inspección 10.

El segundo brazo conector 200 también incluye una pluralidad de brazos que se extienden hacia dentro desde la porción base 201 y ubicaciones intermedias entre los dos extremos de la porción base 201. Como se muestra en las figuras, se forma un par de brazos internos 204 entre los extremos de la porción base 201. El par de brazos internos 204 se forma perpendicular a la porción base 201 y se ubica en planos paralelos. Los planos que contienen el primer par de brazos 202 y el par de brazos internos 204 pueden ser paralelos entre sí.

Los extremos libres del par de brazos internos 204 incluyen orificios pasantes que reciben un eje transversal 207. El eje 207 también pasa a través de los orificios 174, 188 que se forman en las placas de unión primera y segunda 160, 180, respectivamente.

El eje 207 gira libremente con respecto a los brazos internos 204 y define un pivote alrededor del cual puede girar el segundo brazo conector 200. Los sujetadores 209 pueden usarse para acoplar el eje 207 a los brazos internos 204 y restringir el movimiento lateral del eje 207. Estos sujetadores 209 pueden ser pernos.

Se entenderá que cada uno del primer brazo conector 190 y el segundo brazo conector 200 pueden formarse como una estructura única e integral.

El primer brazo conector 190 define un segundo enlace de la primera conexión 102 y el segundo brazo conector 200 define un tercer enlace de la primera conexión 102. El cuarto enlace de la primera conexión 102 se define por el propio vehículo de inspección 10 como se describe en la presente descripción. La primera conexión 102 puede así caracterizarse como una conexión de cuatro barras. Detalles adicionales relativos a la operación de la primera conexión 102 se exponen a continuación.

La segunda conexión 103 sirve para acoplar la estructura de sonda de sensor 104 a la primera conexión 102 y permitir que el aparato 100 se mueva en un grado diferente de libertad (aparte de la acción de elevación y descenso de la primera conexión 102).

La estructura de la sonda de sensor 104 consiste en una cubierta o carcasa 300 para sostener el sensor 310. La carcasa 300 puede tener la forma de una estructura en forma de caja que tiene una porción superior abierta y una porción inferior abierta. La carcasa 300 puede tener una forma cuadrada o rectangular. La carcasa 300 se define así por un par de paredes laterales opuestas (paredes delanteras y traseras) 302 y un par de paredes finales opuestas 304. Las tapas finales 305 pueden usarse para cerrar los extremos 304. Se define un espacio interior hueco entre las paredes 302, 304. El sensor 310 se dispone de forma giratoria dentro de este espacio interior hueco, con el sensor 310 en forma de una rueda que gira alrededor de un eje fijo 301 que se extiende entre las paredes finales 304/tapas finales 305. El sensor 310 tiene un diámetro tal que cuando la sonda de sensor (rueda) 310 se acopla de manera giratoria al eje fijo 301, una porción de la sonda de sensor 310 se extiende tanto por encima del borde superior de la carcasa 300 como por debajo del borde inferior de la carcasa 300.

El eje fijo 301 también soporta una o más y preferiblemente dos ruedas (rodillos) 320 que permiten además que el aparato ruede y se dirija a través de la superficie 11 para permitir su inspección. En la modalidad ilustrada, la sonda de sensor (rueda) 310 se dispone entre el par de ruedas 320. De manera similar a las ruedas que forman parte del vehículo de inspección 10, las ruedas 320 se forman preferiblemente de un material magnético para permitir que el aparato 100 se

una a la superficie metálica 11, tales como una tubería de metal o un tanque de almacenamiento de metal y pueda moverse a través de él en respuesta a la conducción del vehículo de inspección 10.

5 La segunda conexión 103 es similar a la primera conexión 101 en que es una conexión de cuatro barras que se configura para permitir que el aparato 100 y, en particular, la sonda de sensor 110 del mismo, se muevan en respuesta a las fuerzas que se aplican como se describe en la presente descripción. La segunda conexión 103 se forma por dos pares de miembros de enlace cruzado y más específicamente, la segunda conexión 103 se forma por el primer y segundo enlaces 400, 410 que forman un primer par y un tercer y cuarto enlaces 420, 430 que forman un segundo par.

10 Los primeros y segundos enlaces 400, 410 se disponen en forma de X en la que un primer extremo del primer enlace 400 se une de manera pivotante a la primera superficie final 175 de la segunda sección 165 de la primera placa de unión 160 en un primer pivote 401 y un segundo extremo del primer enlace 400 se une de manera pivotante a la pared lateral 302 de la carcasa 300 en un segundo pivote 403. De manera similar, el segundo enlace 410 que se une de manera pivotante a la primera superficie final 181 de la segunda sección horizontal 185 de la segunda placa de unión 180 en un tercer pivote 405 y un segundo extremo del segundo enlace 410 se une de manera pivotante a la pared lateral 302 de la carcasa 300 en un cuarto pivote 407.

Como se muestra, el primer y el segundo enlace 400, 410 no se conectan físicamente entre sí.

20 De manera similar, el tercer y cuarto enlaces 420, 430 se disponen en forma de X en la que un primer extremo del cuarto enlace 430 se une de manera pivotante a la segunda superficie final 177 de la segunda sección 165 de la primera placa de unión 160 en un primer pivote 421 y un segundo extremo del cuarto enlace 430 se une de manera pivotante a la otra pared lateral 302 de la carcasa 300 en un segundo pivote 423. De manera similar, el tercer enlace 420 que se une de manera pivotante a la segunda superficie final 189 de la segunda sección horizontal 185 de la segunda placa de unión 180 en un tercer pivote 425 y un segundo extremo del tercer enlace 420 se une de manera pivotante a la otra pared lateral 302 de la carcasa 300 en un cuarto pivote 427.

Como se muestra, los enlaces tercero y cuarto 420, 430 no se conectan físicamente entre sí.

30 De acuerdo con la presente invención, las conexiones primera y segunda junto con la estructura de sonda de sensor 104 se configuran de manera que el sensor 310 puede bajarse o desplegarse contra la superficie 11 y volverse automáticamente normal a la superficie 11 tras el contacto entre al menos una porción del aparato 100 y la superficie 11 (por ejemplo, en algunas modalidades, el sensor 310 en sí mismo puede hacer contacto con la superficie 11, sin embargo, esto no es un requisito para que el aparato 100 se normalice automáticamente cuando contacte la superficie 11). La primera conexión 102 se acciona a través del componente de conducción 101 que incluye la transmisión de engranaje helicoidal amortiguado y la segunda conexión 103 permite la normalización pasiva de la sonda de sensor 310 contra la superficie 11 como se describe en la presente descripción. Este mecanismo que proporciona la presente invención es particularmente útil para sensores direccionales sensibles, tales como una sonda de acoplamiento seco que requiere que su componente transductor interno esté siempre normal a la superficie inspeccionada para obtener lecturas adecuadas de la misma.

40 Cuando se ensambla, hay un espacio entre las placas de unión primera y segunda 160, 180 y la carcasa 300 en parte para acomodar las ruedas y la rueda sensor.

#### Operación de la Primera Conexión

45 La primera conexión 102 se configura para actuar como un mecanismo elevador que permite que el aparato 100 se eleve y se baje, por orden, en relación con la superficie 11. La interacción entre la primera conexión 102 y el componente de conducción 101 agrega así un grado de libertad al mecanismo elevador en la dirección vertical, permitiendo así que la sonda de sensor 310 se levante y se coloque donde y cuando sea necesario. Este grado de libertad mantiene la integridad de la sonda de sensor 310 en una buena forma al evitar que se arrastre si se realiza un movimiento lateral. Además, el componente de conducción 101 proporciona a la sonda de sensor 310 una fuerza de compresión suficiente sobre la superficie que se inspecciona 11 para una adquisición de datos decente.

55 La primera conexión 102 funciona como sigue. Cuando se desea desplegar la sonda de sensor 410 contra la superficie 11, el usuario envía comandos (instrucciones) al componente de conducción 101 provocando su actuación. Más particularmente, el motor 110 funciona en un primer modo de operación (para bajar la sonda de sensor) haciendo que el eje de conducción 112 y el tornillo sin fin 152 giren en una primera dirección. La rotación del tornillo sin fin 152 se traduce en rotación del engranaje helicoidal 154. Dado que el eje transversal 159 se conecta de manera fija al engranaje helicoidal 154, el eje 159 también gira. La rotación del eje 159 da como resultado la rotación del disco 212 que se acopla fijamente al mismo. El primer miembro de derivación (resorte torsional) 210 se une tanto al disco 212 como al brazo 195 del primer brazo conector 190 y, por lo tanto, la rotación del disco 212 (y el eje 159) da como resultado un enrollado del resorte torsional 210 a lo largo de la longitud del eje 159, por el cual se almacena la energía.

65 El enrollado del resorte torsional 210 y su conexión con el primer brazo conector 190 hace que se aplique una fuerza hacia arriba al primer brazo conector 190. Dado que el primer brazo conector 190 se une de manera pivotante tanto al vehículo de inspección 10 como a las placas de unión primera y segunda 160, 180, el primer brazo conector 190 pivota

en una dirección hacia arriba. La sonda de sensor 310 se levanta de la superficie 11 ya que la sonda de sensor 310 se transporta por la carcasa 300 que se conecta a la primera conexión 102 (por medio de la segunda conexión 103). El movimiento hacia arriba de la carcasa 300 hace que la sonda de sensor 310 se levante de la superficie 11.

5 Para bajar la sonda de sensor 310, la operación se invierte porque el motor 110 funciona en un segundo modo de operación para hacer que el eje de conducción 112 y el tornillo sin fin 152 giren en una segunda dirección que es opuesta a la primera dirección. El resorte de torsión 210 se desenrolla a lo largo del eje 159 y esto da como resultado que el primer brazo conector 190 se mueva hacia abajo, bajando así la carcasa 300 y la sonda de sensor 310, lo que da como resultado que la sonda de sensor 310 haga contacto con la superficie 11 en la modalidad ilustrada.

10 Este resorte torsional 210 actúa, por lo tanto, como una bobina lineal que transfiere la rotación del motor 110 y se usa como un resorte torsional que actúa sobre la primera conexión 102. La bobina (resorte 210) genera un efecto de amortiguación entre la sonda de sensor 310 y la superficie 11. Por lo tanto, al mover la sonda de sensor 310 sobre una superficie rugosa o irregular, el resorte torsional 210 minimiza el daño y la perturbación que causa la presión sobre el sensor. En otras palabras, cuando se mueve la sonda de sensor 310 sobre superficies ligeramente irregulares, la sonda de sensor 310 mantiene contacto sin alterar el movimiento del aparato 100. El efecto de amortiguación del resorte 210 proporciona una ventaja sobre el diseño de pasador fijo, que se muestra en la Figura 7, en que el diseño de pasador fijo transforma el movimiento de rotación del motor 110 en un movimiento/fuerza lineal vertical a través de la primera conexión 102, el diseño de pasador fijo carece de un efecto de amortiguación.

20 Se entenderá que pueden usarse otras técnicas más allá de las que muestran las figuras para acoplar el eje 159 al primer brazo conector 190 de tal manera que el movimiento de rotación del motor 110 se traduzca en un movimiento/fuerza lineal vertical del aparato 100 a través de la primera conexión 102.

25 Además, se entenderá que el propio aparato puede configurarse para mantener el contacto con la superficie 11 durante el movimiento del aparato 100 sobre la superficie 11. En otras palabras, el objeto que transporta el aparato 100 puede no entrar en contacto con la superficie, sino que una porción del aparato 100 (tal como la segunda conexión) actúa para normalizarse al entrar en contacto con la superficie 11 y mantener dicho contacto con la superficie 11 cuando el aparato 100 se mueve a lo largo de la superficie 11.

30 Brazos Conectores de Diferentes Longitudes

En una modalidad, el primer y el segundo brazo conector 190, 200 pueden tener diferentes longitudes. Con referencia a las Figuras 12A-C, dada la colocación específica del aparato 100 con respecto al cuerpo del dispositivo externo 10 (por ejemplo, un vehículo de inspección) y la anatomía del dispositivo externo 10, la sonda 310 contacta la superficie 11 a una altura diferente dependiendo de la curvatura de la superficie 11. El resultado es que, dado que la primera etapa (primera conexión) se configura para mover la sonda 310 a lo largo de una trayectoria curva en lugar de a lo largo de una rectilínea, el ángulo de contacto (en la dirección de paso) entre la sonda 310 y la superficie 11 puede optimizarse ser casi perfectamente normal. En otras palabras, esta diferencia de longitudes determinará si la primera etapa del aparato 100 se configura para movimiento rectilíneo o para movimiento a lo largo de una trayectoria curva. Como se describe en la presente descripción, el actuador (motor de conducción) se configura para moverse a lo largo de una trayectoria curva y el motor de conducción tiene un doble propósito: levantar/bajar la sonda, así como la normalización de la sonda contra la superficie en la dirección de paso.

45 La Figura 12A muestra que la superficie 11 es una superficie plana y el aparato 100, que incluye los brazos conectores 190, 200, se muestra junto con el vehículo de inspección 10. En la Figura 12A, se ve que el ángulo entre la sonda 310 y la superficie 11 es de aproximadamente 89,6° (es decir, la normalización en la dirección de paso es casi perfecta). La Figura 12B muestra que la superficie 11 tiene la forma de una tubería de 8 pulgadas y las posiciones relativas del aparato 100, que incluye los brazos conectores 190, 200, se muestran junto con el vehículo de inspección 10. En la Figura 50 12B, se ve que el ángulo entre la sonda 310 y la superficie 11 es de aproximadamente 180,1° (es decir, la normalización en la dirección de paso es casi perfecta).

La Figura 12C muestra tres ejemplos para la construcción de la superficie 11 en que la superficie 11 se muestra como una superficie plana (Figura 12A); una tubería de 8 pulgadas (Figura 12B); y una tubería de 13 pulgadas. En la Figura 55 12C, se ve que el ángulo entre la sonda 310 y la superficie 11 es de aproximadamente 181,9° en el caso de la tubería de 13 pulgadas (es decir, la normalización en la dirección de paso es casi perfecta).

Como se describe en la presente descripción, el aparato 100 se configura preferiblemente de manera que la sonda se normaliza al menos de forma sustancial de manera automatizada durante el uso normal del aparato. Como se usa en la presente descripción, el término sustancialmente normalizado significa que la sonda se coloca dentro de al menos 5 60 grados de normalización perfecta con respecto a la superficie y preferiblemente se coloca dentro de al menos 3 grados de normalización perfecta y más preferiblemente se coloca dentro de al menos 2 grados de normalización perfecta y en algunas modalidades se coloca dentro de al menos 1 grado de normalización perfecta (véanse las Figuras 12A y 12B).

65 Operación de la Segunda Conexión

La segunda conexión 103 se diseña para controlar la configuración de rodadura de la sonda de sensor 310 y, por lo tanto, proporciona al aparato con un segundo grado de libertad que se obtiene al agregar una articulación pasiva al aparato 100. Las Figuras 9A y 9B ilustran una articulación pasiva de acuerdo con una modalidad y las Figuras 10A y 10B ilustran una articulación pasiva de acuerdo con otra modalidad. La articulación pasiva que se muestra en las Figuras 10A y 10B puede pensarse que es una articulación en forma de T (péndulo oscilante). Cuando se aplica una fuerza a la carcasa 300 (que transporta la sonda de sensor 310), la carcasa 300 gira alrededor de un único punto de pivote para provocar el desplazamiento de la carcasa 300 y la sonda de sensor 310.

De acuerdo con la presente invención y como se muestra en las figuras que incluyen las Figuras 9A y 9B, la segunda conexión 103 tiene la forma de una conexión de cuatro barras en forma de X que se utiliza y diseña para colocar lo más bajo y lo más cerca posible de la superficie 11 (superficie metálica), el centro de rotación del eje de sensor. Las Figuras 9A y 9B muestran el movimiento de la carcasa 300 y la sonda de sensor 310 en respuesta a la fuerza (F) que se aplica y una comparación entre las Figuras 9A y 9B (en forma de X) y las Figuras 10A y 10B (en forma de T) muestran que el centro de rotación es más bajo en el diseño en forma de X a la ubicación de sus múltiples pivotes en comparación con la ubicación del pivote único en la forma de T. Con referencia a la Figura 2, el desplazamiento horizontal de la sonda de sensor 310 cuando se usa la conexión X 103 es considerablemente menor que el desplazamiento que se obtiene cuando se usa un grado normal de libertad con un centro de rotación más alto (Ver modalidad de las Figura 10A y 10B). Cuando se compara la modalidad de las Figuras 9A y 9B (en forma de X) a la modalidad de las Figuras 10A y 10B, se encuentra que el desplazamiento horizontal del diseño en forma de X es aproximadamente la mitad (1/2) del desplazamiento horizontal del diseño de enlace en forma de T.

Además, y con referencia a las Figuras 11A y B, el mecanismo de enlace X (segunda conexión 103) debido a las dos articulaciones pasivas que posee genera una trayectoria para el punto de contacto de la sonda de sensor 310 que se mueve hacia abajo con la rotación de la carcasa 300 (y la sonda de sensor 310), mientras que en el caso de la articulación en T, que se muestra en las Figuras 10A y 10B, el punto de contacto se mueve hacia arriba. Esta diferencia de movimiento se ve claramente en el gráfico presentado en las Figuras 11A y B y más específicamente, en las Figura 11A y B, la trayectoria relativa al enlace T se muestra en la Figura 11A y la trayectoria relativa al enlace X se muestra en la Figura 11B. Esta diferencia en las trayectorias ilustra la ventaja de usar un enlace X en que el mecanismo del enlace X tiende a generar un punto de contacto más estable al comprimir la sonda de sensor 310 hacia la superficie metálica 11, mientras que, en el caso de una articulación T, la sonda de sensor 310 tiende a escapar y eventualmente pierde el punto de contacto. Esta característica es especialmente útil cuando se mueve sobre tuberías y, en particular, cuando se sigue una trayectoria en hélice.

De acuerdo con la presente invención, la conexión en forma de X (segunda conexión 103) desempeña un papel importante en la alineación estrecha de la sonda de sensor 310 con el eje normal de la superficie que se inspecciona 11. La inclusión de los dos rodillos (ruedas 320) proporciona una mayor normalización con una rueda 320 a cada lado de la sonda de sensor 310. Cuando se ejerce una fuerza apropiada sobre el mecanismo, los dos rodillos (ruedas 320) finalmente tocan la superficie 11 y actúan como un soporte para la sonda de sensor 310 que a su vez normaliza la sonda de sensor 310 en la superficie 11.

En una aplicación de la presente invención y para realizar una inspección ultrasónica para medir el grosor de una pared (por ejemplo, el grosor de una pared de tubería o pared de almacenamiento), la sonda de sensor 310 tiene la forma de una sonda de acoplamiento seco (DCP) para evitar transportar el acoplador incorporado. Como se menciona en la presente descripción, debe lograrse un contacto normal entre la superficie de la tubería y la sonda de sensor 310 para recibir las ondas ultrasónicas emitidas y adquirir una señal de espesor limpia (en este caso cuando la sonda de sensor 310 hace contacto con la superficie 11 - en otras modalidades, el contacto normal es entre el marco (por ejemplo, el segundo mecanismo) que transporta el sensor y la superficie). Para lograr esta normalización, el aparato 100 de la presente invención proporciona un mecanismo de dos etapas con dos grados de libertad. La primera etapa comprende la primera conexión 102 que tiene un grado de libertad plano cuando se mira desde el lado como se muestra en la Figura 3. Esta primera etapa puede jugar dos roles, a saber, permite que la sonda de sensor 310 se baje y se eleve para alcanzar diferentes curvaturas de tubería mediante carga de resorte para asegurarse de que la sonda de sensor 310 se presione contra la superficie 11. También levanta la sonda de sensor 11 de la superficie 11 para evitar daños. El efecto de amortiguación que se describe en la presente descripción permite que el sensor mantenga contacto sin alterar el movimiento del vehículo de inspección 10 (robot) cuando la sonda de sensor 10 se desplaza sobre superficies ligeramente irregulares. La sonda de sensor 310 DCP (rueda) puede configurarse para tener un movimiento pasivo amortiguado dentro del diámetro interno de los rodillos de soporte 320 teniendo en cuenta la presión deseada para la sonda de sensor 310 durante la inspección.

Además, y cuando el sensor 310 tiene la forma de una sonda de sensor de rueda de goma, el presente solicitante observó que la rigidez de la goma de la sonda debe tenerse en cuenta en el diseño del mecanismo elevador para un rendimiento óptimo. Esta rigidez conducirá parámetros de diseño tales como el diámetro de los cojinetes de los rodillos a los lados del sensor de la sonda 310 y/o la colocación de la sonda de sensor en relación con los rodillos de contacto 320. Por ejemplo, los diámetros de los rodillos 320 y su colocación con respecto a la sonda 310 se optimizan preferiblemente para asegurarse de que la sonda 310 esté bajo aproximadamente 1 a 2 Kg de presión cuando los dos rodillos 320 hagan contacto con la superficie 11. Alternativamente, el rodillo 320 alrededor de la sonda de sensor 310 puede magnetizarse. Los rodillos magnéticos 320 ayudan a la normalización de la sonda 310 asegurando un contacto perfecto de los rodillos

320 con la superficie 11. Los rodillos 320 se construyen preferiblemente de manera que los rodillos 320 no produzcan mucha fuerza de atracción hacia la superficie 11; de lo contrario, el mecanismo (primera conexión 102) puede tener dificultades para levantar la sonda de sensor 310 después de que se complete la inspección. Además, pueden hacerse rodillos tengan un perfil más delgado en relación con la sonda de sensor 310 y puede agregarse una carga de resorte entre los rodillos 320 y la sonda de sensor 310 para introducir un efecto de amortiguación mientras se mueve sobre superficies irregulares.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, el diámetro de los rodillos de soporte 320 se selecciona teniendo en cuenta la rigidez del material de la sonda, así como la presión deseada para la sonda durante la inspección. También puede introducirse un desplazamiento entre el eje de la rueda de la sonda de sensor 310 y los rodillos de soporte 320 teniendo en cuenta la rigidez del material de la sonda, así como la presión deseada para la sonda durante la inspección.

En otras modalidades, los rodillos 320 hacen contacto con la superficie 11.

La segunda etapa que se forma por la segunda conexión 103 proporciona un segundo grado de libertad cuando se mira hacia la porción posterior como se muestra en la Figura 4. Esto permite que la sonda de sensor 310 se ajuste a la inclinación de la tubería cuando el vehículo de inspección 10 está conduciendo en una trayectoria helicoidal en lugar de circunferencial o longitudinal. Como se discute en la presente descripción, este grado de libertad es pasivo. Los dos rodillos 320 que se ubican a cada lado de la sonda de sensor 310 soportan la sonda de sensor y fuerzan el mecanismo a normalizarse cuando la sonda de sensor 310 entra en contacto con la superficie 11.

Se entenderá que la presente invención cubre un aparato que contiene un sensor e incluye al menos dos grados de libertad para realizar las operaciones que se describen en la presente descripción. Un grado de libertad se asocia con un mecanismo activo (conexión activa) que se configura para elevar y bajar el sensor (movimiento vertical) y otro grado de libertad se asocia con un mecanismo pasivo que normaliza el sensor.

El aparato para sostener sensores 100 de la presente invención proporciona una serie de ventajas que no se encuentran en productos competidores convencionales y supera las deficiencias asociadas con la técnica anterior. Más específicamente, se obtienen las siguientes ventajas con el aparato de la presente invención:

- *Daño de la sonda por arrastre lateral:* los dispositivos anteriores de la técnica anterior se diseñan para aplicar presión constantemente entre la rueda DCP y la superficie, lo que significa que no hay forma de levantar la sonda de la superficie que no sea quitar todo el dispositivo de ella. El primer mecanismo de conexión de 4 barras (conexión 102) del presente aparato se conecta a un motor de engranaje helicoidal que permite que la sonda se levante de la superficie. Esto es particularmente importante para los robots de inspección porque el robot necesita dirigirse hacia los lados y la sonda de rueda DCP se dañaría si se arrastra hacia los lados en la superficie.
- *Normalización de paso y despliegue de la sonda a través de un actuador único, no dos:* La técnica anterior describe el uso general de conexiones de 4 barras para desplegar sondas que normalmente moviéndolas a lo largo de una trayectoria rectilínea hacia y desde la superficie. Sin embargo, la técnica anterior no aborda la normalización adecuada de la sonda en la dirección de "paso" a través de esta conexión que introduce implícitamente la necesidad de un segundo actuador para agregar un grado de libertad adicional al montaje de la sonda para la normalización. Sin embargo, la invención propuesta se distingue de la técnica anterior en el sentido de que introduce un diseño personalizado para los componentes de la primera conexión de 4 barras de manera que las sondas se muevan a lo largo de una trayectoria curva en lugar de a lo largo de una línea recta, de manera que la sonda se normaliza automáticamente a medida que se despliega (al menos en la dirección de "paso") sin necesidad de un segundo actuador. Sin embargo, como se discutió anteriormente, se apreciará que el mecanismo que se describe en la presente descripción puede emplearse sin el uso de un actuador y, en su lugar, emplear un elemento de derivación o similar que garantice que la sonda siempre se despliegue contra la superficie.
- *Presión constante confiable contra la superficie:* La técnica anterior requiere el manejo manual del cabezal de escaneo para asegurar que se ejerza suficiente fuerza de la sonda contra la superficie. El mecanismo de enlace de cuatro barras en el presente aparato, unido a un resorte torsional, permite que la sonda se baje y se presione contra superficies curvas/planas. Los rodillos de soporte a los lados de las sondas permiten aplicar una presión constante confiable en la sonda.
- *Normalización de la sonda en la dirección de "rodadura":* La conducción helicoidal a lo largo de una tubería con la normalización adecuada de la sonda no se ha abordado en la técnica anterior. El mecanismo de enlace X que se soporta por la presión del mecanismo de enlace de cuatro barras en la porción superior (primera conexión 102) permite un grado de libertad para que la sonda se acerque al eje normal de la superficie curva. Junto con suficiente presión, se obtienen buenas lecturas de UT.

Por lo tanto, se apreciará que el presente aparato puede configurarse para transportar un instrumento o sonda y, opcionalmente, desplegarlo contra una superficie. El presente aparato es muy efectivo para transportar cualquier tipo de objeto que deba desplegarse y/o eventualmente retirarse de una superficie curva mientras se asegura de que el objeto apunte directamente a la superficie. Esto puede lograrse con un solo actuador.

Si bien el presente aparato se describe como utilizado para transportar una sonda, esta es simplemente una aplicación ejemplar para el presente aparato y este puede transportar otros objetos que incluye, pero no limita, un láser, otros tipos de sensores, tales como un sensor infrarrojo, un cámara, etcétera. Por ejemplo, el aparato puede transportar un sensor

5 láser o infrarrojo que se configura para funcionar en tuberías de PVC transparentes o paneles de vidrio curvo. El aparato puede conducirse o de otro modo moverse a lo largo de la tubería transparente y, haciendo coincidir las marcas que se encuentran en las señales medidas, el aparato puede calcular qué producto fluye dentro de la tubería. El producto puede venir en cualquier número de formas diferentes, tales como un líquido o gas, etcétera. Por ejemplo, el producto puede ser petróleo crudo o diferentes tipos de gases. De manera similar, si el presente aparato transportaba una cámara u otro equipo de imágenes, entonces el aparato puede usarse al menos de varias maneras diferentes. Primero, puede usarse en materiales transparentes como se mencionó anteriormente y puede tomar una o una serie de imágenes (fotos de primer plano, etcétera) de lo que esté sucediendo dentro de la superficie transparente o segundo, si el dispositivo de imágenes (cámara) se gira 90 grados, entonces estaría apuntando no normal a la superficie, pero casi tangencial a ella y esto permite que el dispositivo realice una inspección visual en primer plano muy buena de cualquier material.

10 Si bien la presente invención se ha descrito anteriormente utilizando modalidades específicas, existen muchas variaciones y modificaciones que serán evidentes para los expertos en la técnica. Como tal, las modalidades descritas deben considerarse en todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas. Por lo tanto, el alcance de la invención se indica por las reivindicaciones adjuntas, más que por la descripción anterior. Todos los cambios que entran dentro del significado y el rango de equivalencia de las reclamaciones deben incluirse dentro de su alcance.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) que se configura para transportar un instrumento (104) y desplegar opcionalmente el instrumento (104) en relación con una superficie que comprende:
- una primera conexión (102) que se configura para acoplarse operativamente al instrumento (104) y se configura para mover el instrumento (104) en una primera dirección y de acuerdo con una primera trayectoria en relación con la superficie (11); y
  - una segunda conexión (103) que se configura para acoplarse operativamente al instrumento (104) y se configura para mover el instrumento (104) de acuerdo con una segunda dirección para hacer que el instrumento (104) se vuelva al menos sustancialmente normal a la superficie (11) tras el contacto entre al menos una porción del aparato (100) y la superficie (11),
- caracterizado porque**
- la primera conexión (102) comprende una primera conexión de cuatro barras y la segunda conexión (103) comprende una segunda conexión de cuatro barras y se forma por dos pares de miembros entrecruzados;
  - el aparato incluye además un actuador que se configura para acoplarse operativamente a la primera conexión (102) para el movimiento de la primera conexión (102) para mover el instrumento (104) de acuerdo con la primera trayectoria; y
  - la segunda conexión (103) es de naturaleza pasiva y se configura para mover automáticamente el instrumento (104) en la segunda dirección sin acción del actuador.
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde al menos la segunda conexión (103) está en contacto con la superficie (11) para hacer que el instrumento (104) se vuelva al menos sustancialmente normal a la superficie (11).
3. El aparato de la reivindicación 1, en donde el actuador comprende un motor (110).
4. El aparato de la reivindicación 3, en donde el motor (110) se acopla operativamente a la primera conexión (102) mediante una transmisión (150).
5. El aparato de la reivindicación 4, en donde la transmisión (150) comprende un tornillo sin fin definido por un tornillo sin fin (152) que se conecta a un eje de conducción (112) del motor (110) y un engranaje helicoidal (154) que se conecta a un eje de engranaje helicoidal (159) que se acopla a la primera conexión (102) de tal manera que la rotación del eje de engranaje helicoidal (159) se traslada al instrumento (104) moviéndose de acuerdo con la primera trayectoria.
6. El aparato de la reivindicación 4, que incluye además un enrollado de amortiguación (210) que acopla la transmisión (150) a la primera conexión (102).
7. El aparato de la reivindicación 1, en donde la primera trayectoria comprende una elevación y descenso del instrumento (104) con respecto a la superficie (11).
8. El aparato de la reivindicación 1, en donde la primera conexión de cuatro barras se configura de manera que el instrumento (104) se mueve a lo largo de una trayectoria curva (la primera trayectoria) en lugar de a lo largo de una línea recta de manera que el instrumento (104) esté automáticamente al menos sustancialmente normalizado, al menos en la dirección de paso, a medida que el instrumento (104) se despliega y hace contacto con la superficie (11).
9. El aparato de la reivindicación 1, en donde la segunda conexión de cuatro barras tiene forma de X y se acopla de forma pivotante tanto a una carcasa que sostiene el instrumento (104) como a la primera conexión de cuatro barras.
10. El aparato de la reivindicación 1, en donde la segunda conexión de cuatro barras se dispone debajo de la primera conexión de cuatro barras y se configura para normalizar al menos sustancialmente el instrumento (104) en la dirección de rodadura con respecto a la superficie (11),
11. El aparato de la reivindicación 1, en donde la primera conexión de cuatro barras comprende una primera placa de unión (160) que se conecta fijamente al actuador; una segunda placa de unión (180) que se conecta de manera fija y se separa de la primera placa de unión (160); un primer brazo conector (190) que se conecta de manera pivotante a las placas de unión primera y segunda (160, 180) y que se configura para unirse de manera pivotante a un vehículo de inspección (10); y un segundo brazo conector (200) que se conecta de manera pivotante a las placas de unión primera y segunda (160, 180) y que se configura para unirse de manera pivotante al vehículo de inspección (10), en donde el primer brazo conector (190) se acopla a un actuador, que se conecta operativamente a la primera conexión (102), de manera que la rotación del actuador se traduce en el primer brazo conector (190) que se eleva o se baja con respecto a la superficie (11), por lo que el instrumento (104) también se eleva o se baja con relación a la superficie (11).
12. El aparato de la reivindicación 1, en donde la segunda conexión de cuatro barras comprende un primer enlace (160, 180) que se une de manera pivotante a la primera conexión de cuatro barras y a una carcasa que sostiene el instrumento (104); un segundo enlace (190) que se une de manera pivotante a la primera conexión de cuatro barras y a la carcasa que sostiene el instrumento (104); un tercer enlace (200) que se une de manera pivotante a la primera conexión de cuatro barras y a la carcasa que sostiene el instrumento (104); y un cuarto enlace que se une de manera

pivotante a la primera conexión de cuatro barras y a la carcasa que sostiene el instrumento (104), en donde el primer y el segundo enlace se disponen de manera que tengan forma de X y se colocan a lo largo de un la porción frontal de la carcasa y el tercer y cuarto enlaces se disponen de manera que tengan forma de X y se colocan a lo largo de la porción trasera de la carcasa.

5

13. El aparato de la reivindicación 1, en donde la normalización del instrumento (104) a la superficie (11) al entrar en contacto con la superficie (11) es automática debido a una naturaleza pasiva de la segunda conexión (103) que está libre de conexión directa al actuador.

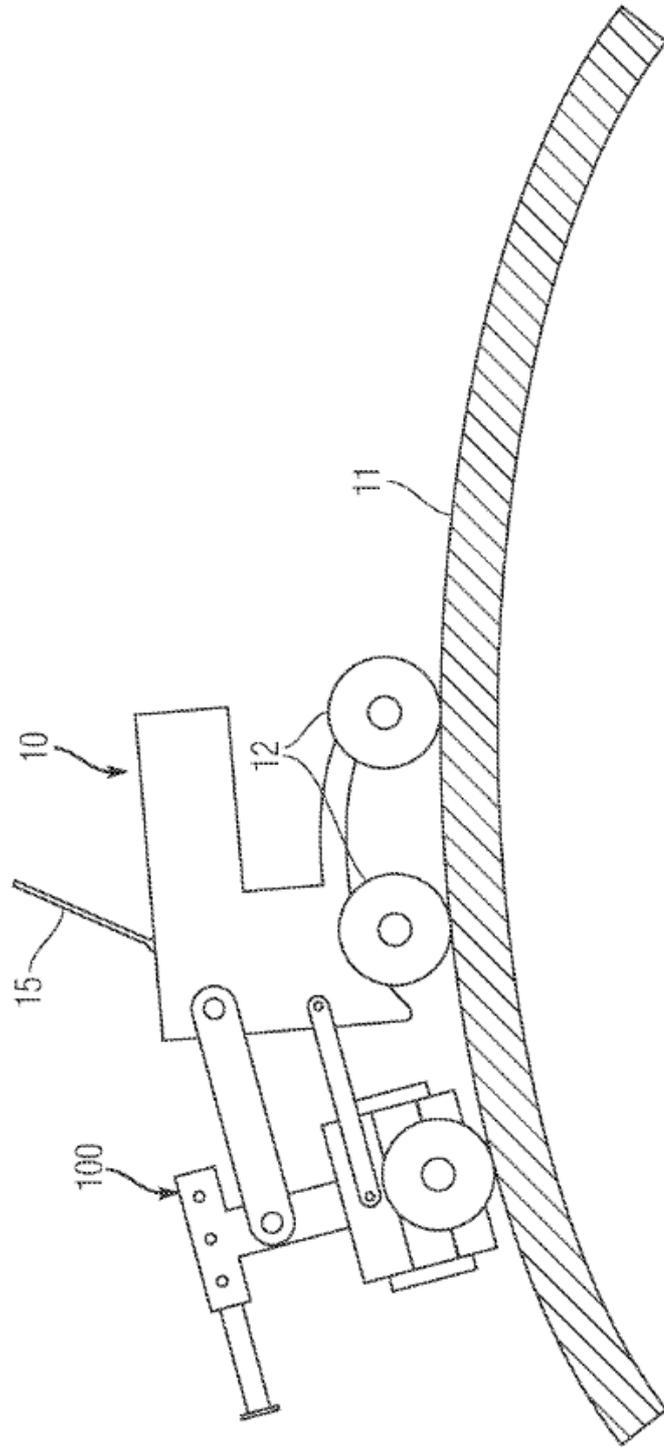


Figura 1

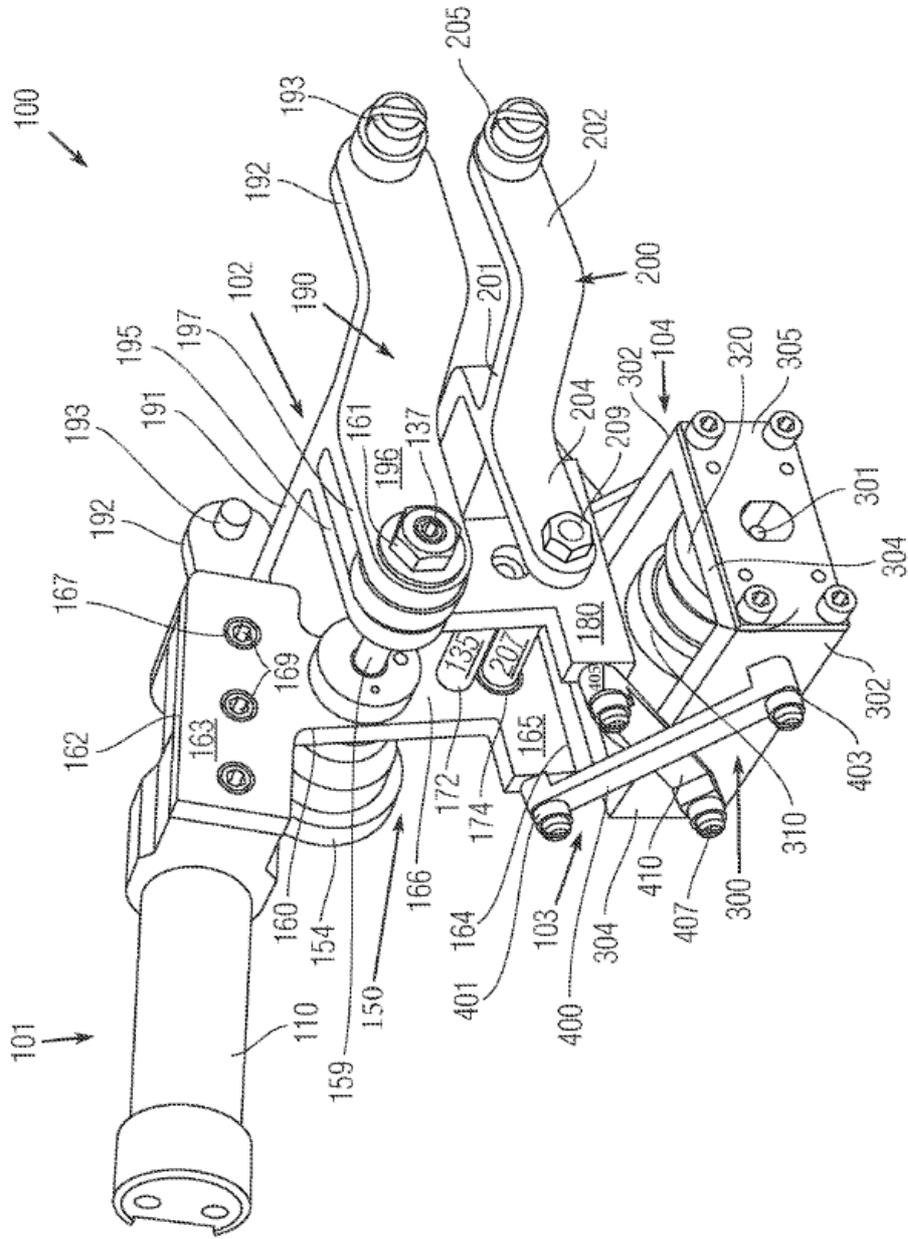


Figura 2

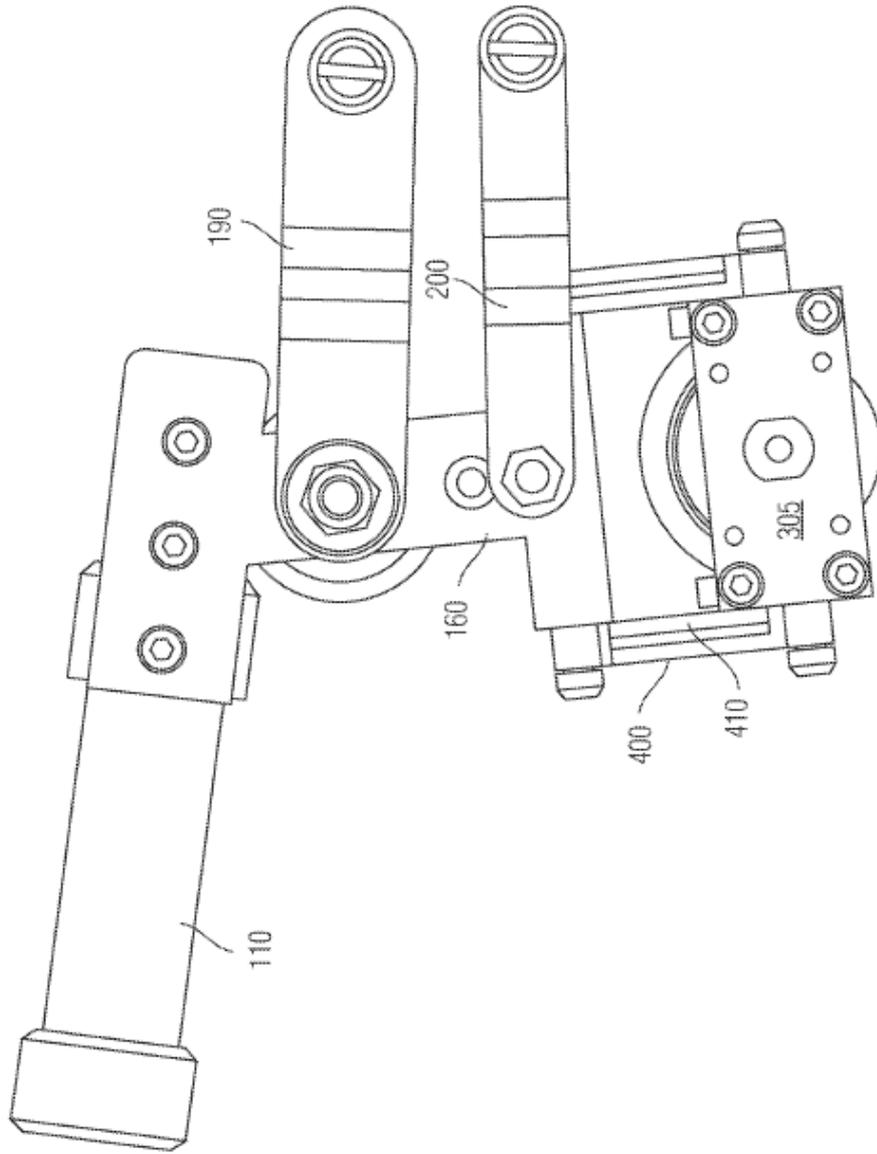


Figura 3

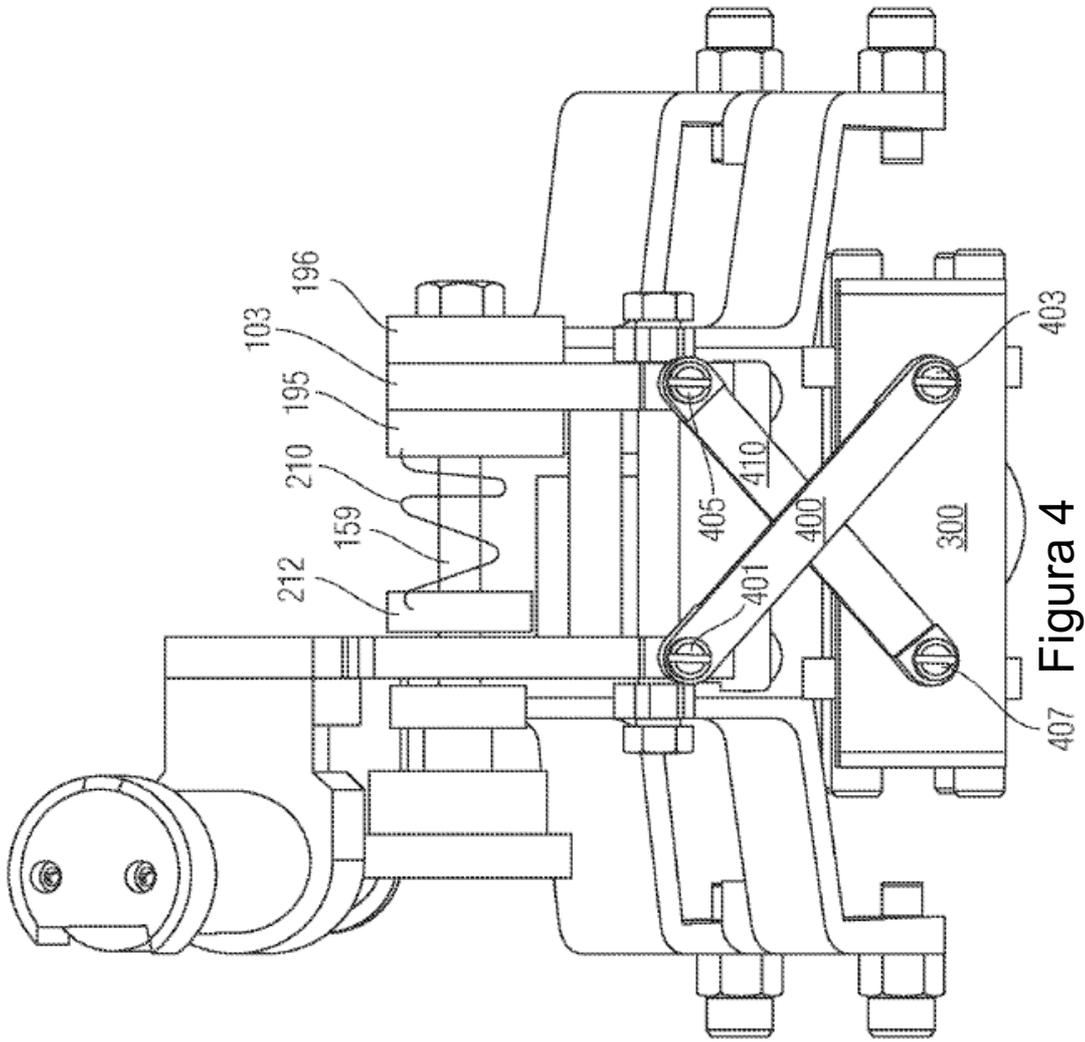


Figura 4

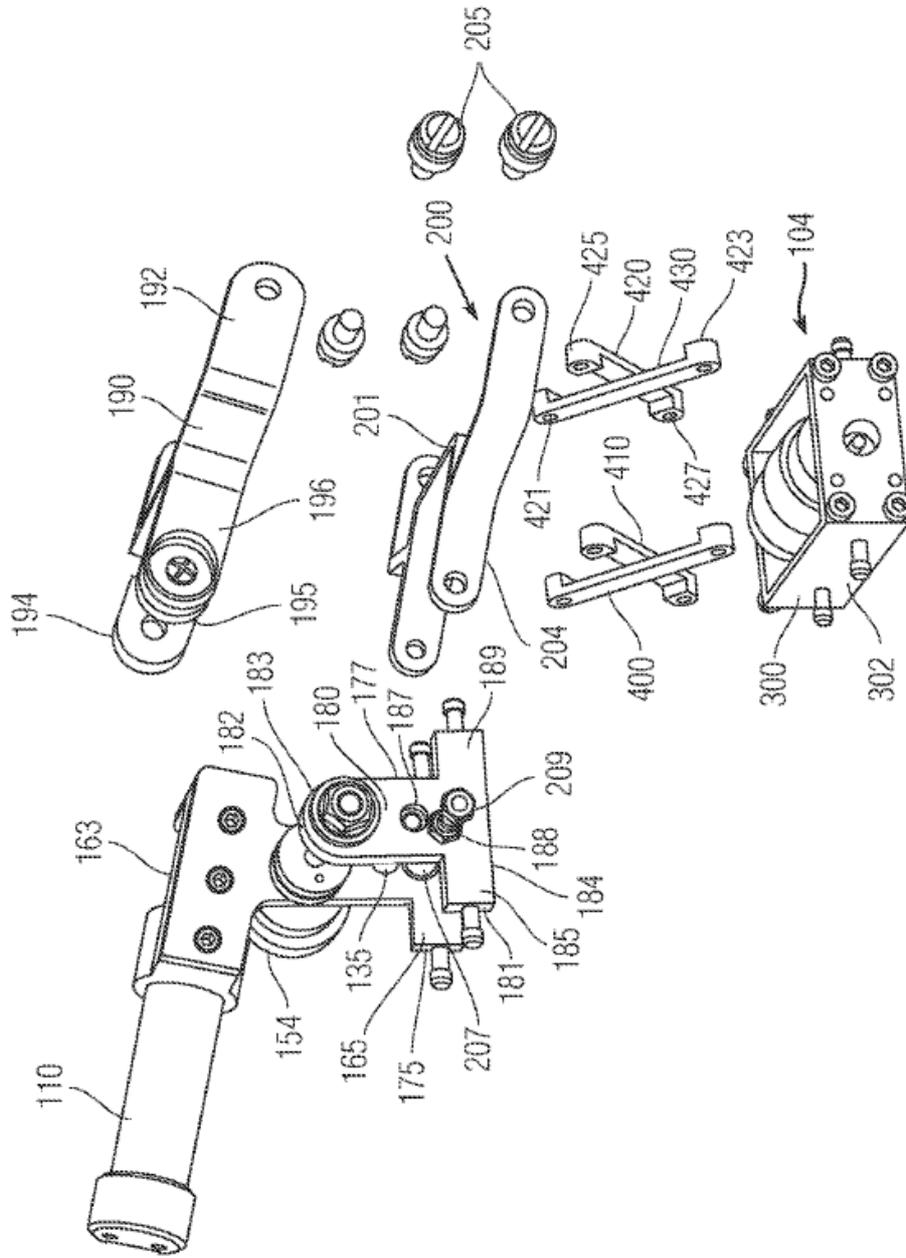


Figure 5

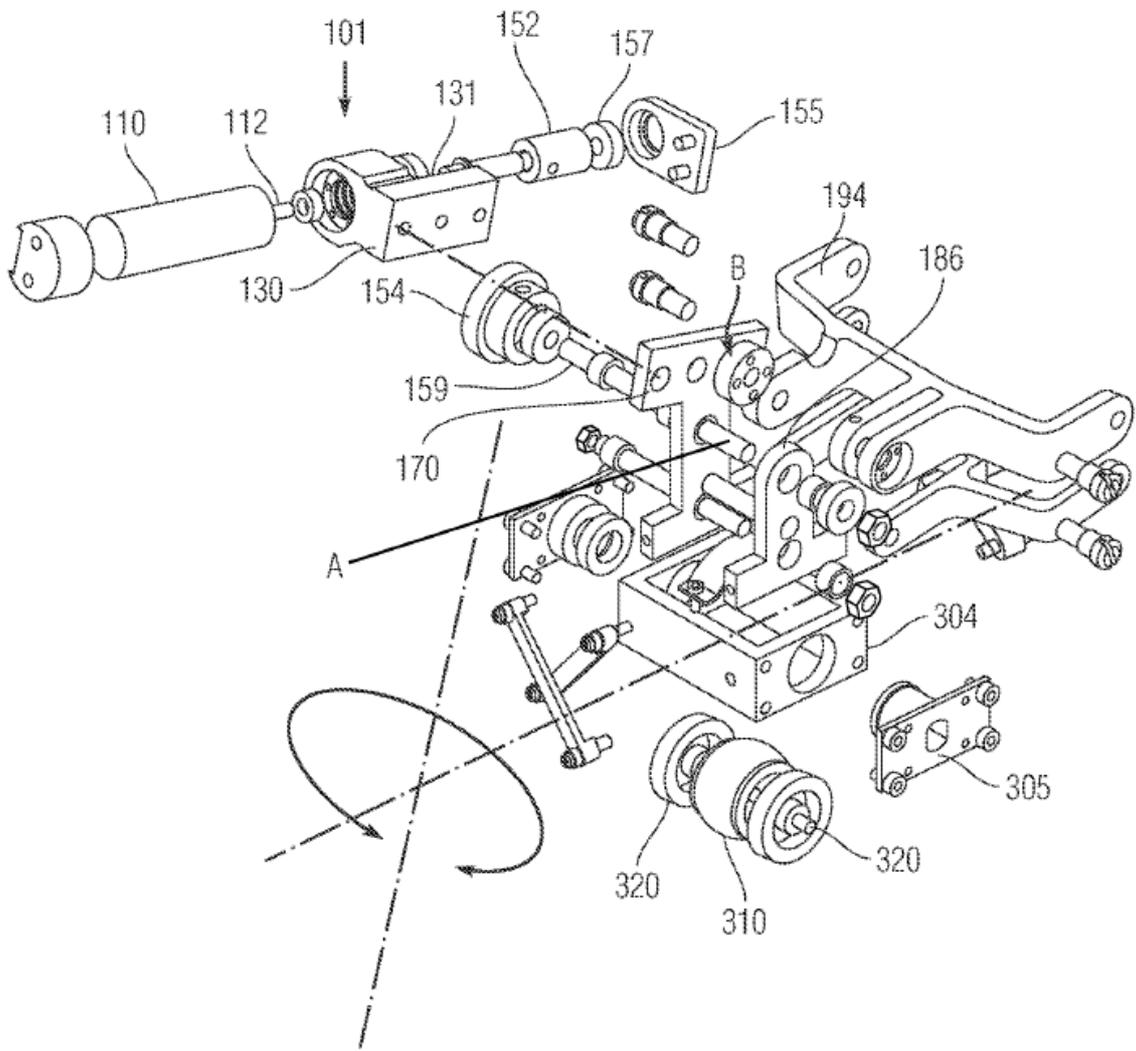


Figura 6

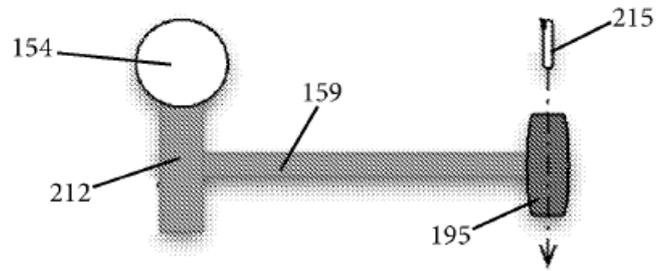


Figura 7

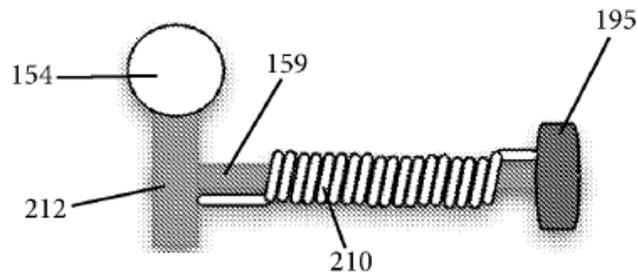


Figura 8

Figura 9A

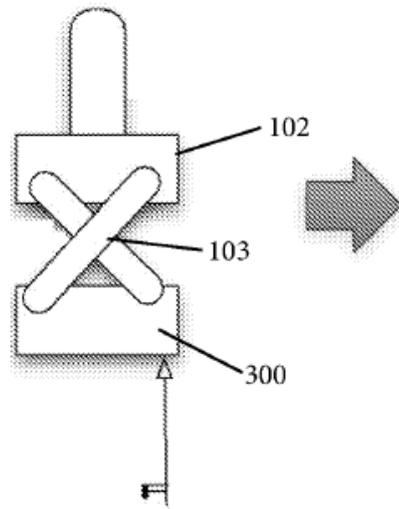


Figura 9B

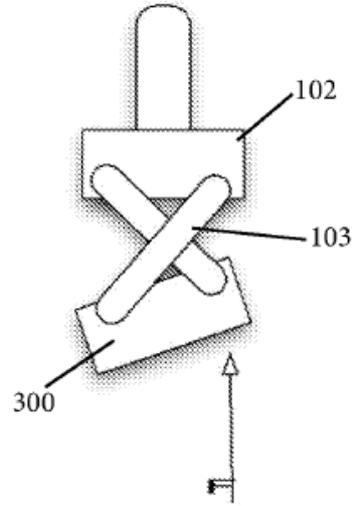


Figura 10A

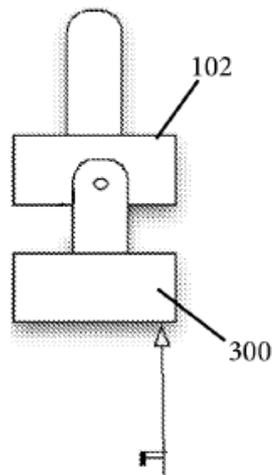
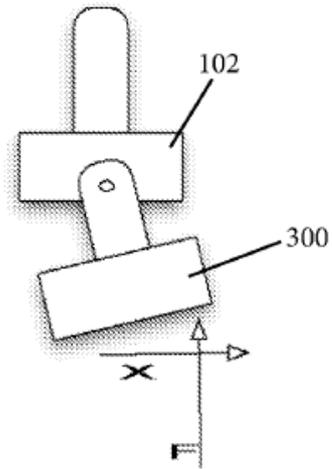


Figura 10B



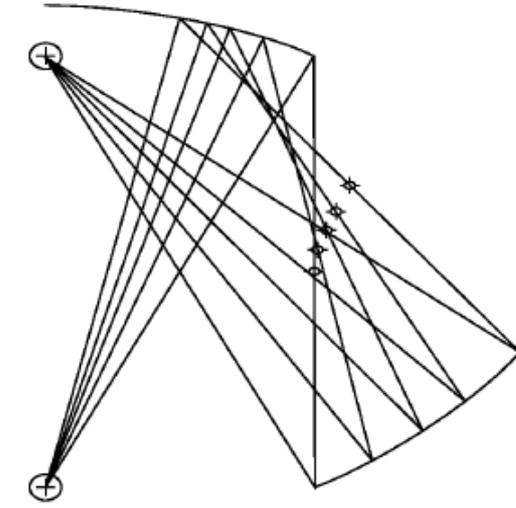


Figura 11B

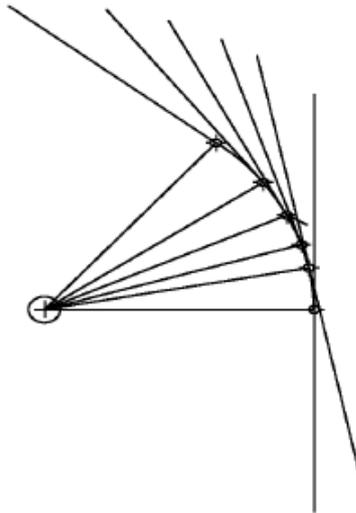


Figura 11A

En el caso de superficie plana

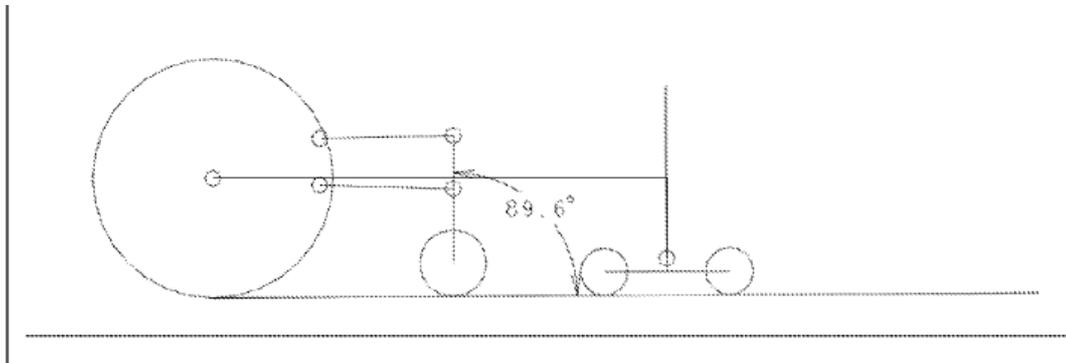


Figura 12A

en el caso de tubería de 8":

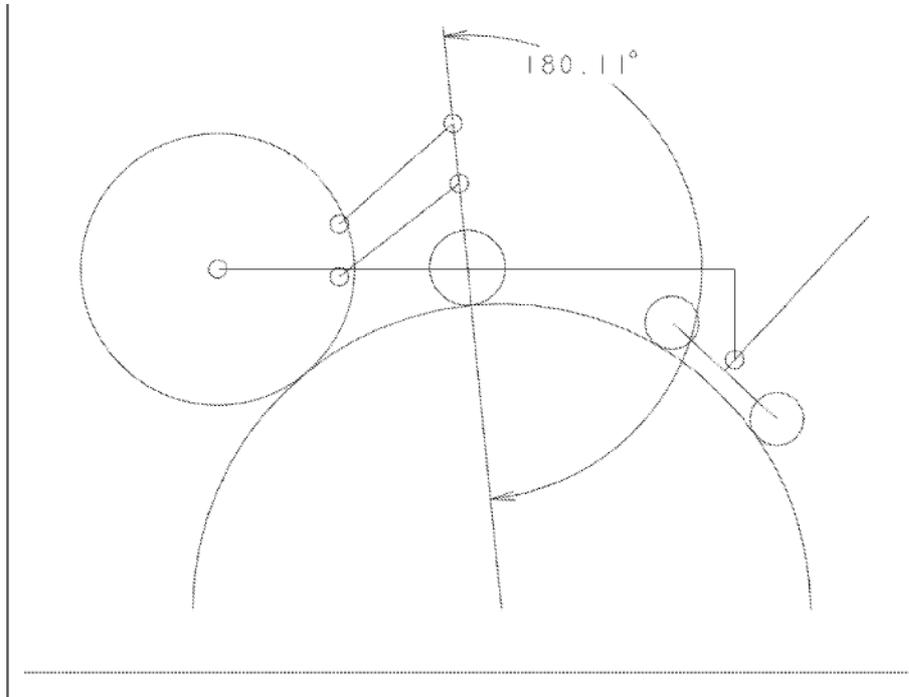


Figura 12B

Tres facilidades: fiat, tuberías de 8" y 13"

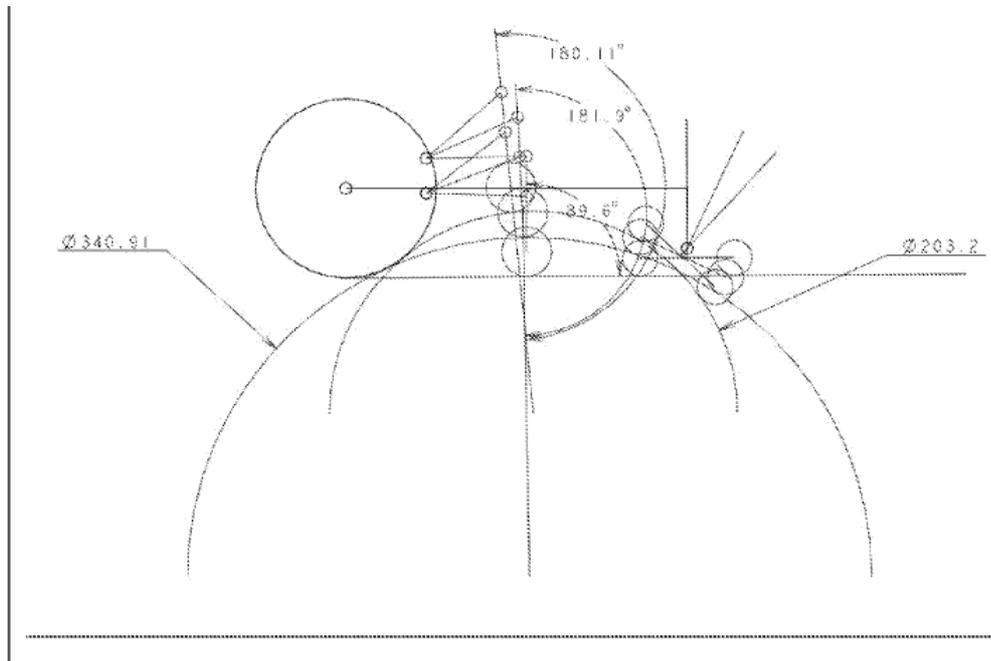


Figura 12C