

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 842 182**

51 Int. Cl.:

**B60B 33/00** (2006.01)  
**B60B 33/08** (2006.01)  
**G01N 33/00** (2006.01)  
**F16L 55/32** (2006.01)  
**B60B 19/00** (2006.01)  
**B62D 55/02** (2006.01)  
**F16L 101/30** (2006.01)  
**B62D 55/265** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2016 PCT/EP2016/077861**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2017 WO17085126**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2016 E 16798458 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2020 EP 3377799**

54 Título: **Robot de inspección de tuberías**

30 Prioridad:

**20.11.2015 GB 201520462**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.07.2021**

73 Titular/es:

**NATIONAL GRID GAS PLC. (100.0%)  
1-3 The Strand  
London WC2N 5EH, GB**

72 Inventor/es:

**CICHOSZ, RAFAL;  
WHITE, JOHN;  
PRICE, TOM y  
BARKER, CHRIS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 842 182 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

Robot de inspección de tuberías

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un robot móvil para inspeccionar tuberías internamente, a un sistema robótico que comprende dos o más de tales robots y a un método para la inspección de tuberías como se define en las presentes reivindicaciones independientes.

**Antecedentes de la invención**

10 Las construcciones típicas de tuberías, como alcantarillas, tuberías de transmisión de gas/petróleo, tuberías de distribución de gas/petróleo, experimentan diversos desperfectos cuanto más antiguas sean (nota: una "tubería" o "tubo" puede denominarse alternativamente simplemente como "conducto" y, según se emplea en esta memoria, dichos términos pueden usarse indistintamente). La antigüedad, la corrosión y el estrés mecánico generalmente conducen a la pérdida de espesor del material o a la generación de grietas que pueden causar fugas o, a veces, la destrucción de la construcción de tubería.

15 Por lo tanto, se requiere una inspección periódica del sistema de tuberías para evitar tales daños. Dado que muchas de estas construcciones no han sido diseñadas para optimizar las tareas de inspección y reparación automáticas, la inspección y el mantenimiento generan enormes costos, especialmente si es necesario desmontar o incluso excavar. La tecnología de inspección y mantenimiento se ha convertido en una industria en crecimiento y se ha desarrollado una gran variedad de sistemas.

20 Para el mantenimiento de las tuberías se utilizan a menudo dispositivos conocidos como "depuradores". A veces, "depurador" se considera un acrónimo o un retroacrónimo derivado de las letras iniciales en inglés de "medidor de inspección de tuberías" o "dispositivo de intervención de tuberías". Por consiguiente, "depurar" en el contexto de las tuberías se refiere a la práctica de utilizar "depuradores" para realizar diversas operaciones de mantenimiento en una tubería. Esto se hace sin detener el flujo del producto en la tubería. Estas operaciones incluyen, de modo no taxativo, la limpieza e inspección de la tubería. Esto se logra al insertar el depurador en un "lanzador de depuradores" (o "estación de lanzamiento"), una sección de gran tamaño en la tubería, que se reduce al diámetro normal. A continuación, se cierra el lanzador y se utiliza el flujo impulsado por la presión del producto en la tubería para empujar el depurador a lo largo del tubo hasta que llega a la trampa receptora, el "receptor de depuradores" (o "estación receptora").

30 Dichos "depuradores" se diseñan a menudo para ser tan pequeños y ligeros como sea posible, y con ese fin es una práctica común proporcionar tales aparatos o "robots" con un cable umbilical o una atadura de múltiples hebras o tubos múltiples. Un cable umbilical es un cable que permite que el robot se comunique con un cuerpo externo (como una estación de control sobre el suelo). El cable puede, por ejemplo, permitir que el robot esté en comunicación eléctrica (lo cual permite el intercambio de señales de datos y/o suministro de energía eléctrica), comunicación de fluidos (por ejemplo, lo cual permite que proporcionarle fluidos como gas comprimido, como aire comprimido, o líquidos como agua, al robot) o comunicación óptica (por ejemplo, lo cual permite que se proporcionen señales de datos ópticos a través de un cable de fibra óptica). Se lo denomina por analogía con un cordón umbilical. El término "comunicación" en este sentido se refiere a una conexión. Dichos depuradores o robots también pueden comprender varias secciones o módulos diferentes, p. ej., cada uno construido, diseñado y controlado para realizar una operación única dada en el procedimiento general de mantenimiento de la tubería.

40 Sin embargo, algunas tuberías son "no depurables", por ejemplo, porque no se puede introducir ni quitar una herramienta de flotación libre. Otras barreras a la depuración son el flujo insuficiente para superar la fricción y conducir un depurador, tuberías de varios diámetros u obstáculos internos.

45 Algunas posibles estrategias de locomoción alternativas que se utilizan para resolver los problemas de inspección en la tubería son los robots del tipo de rueda, tipo oruga, tipo pared presionada, tipo andante, tipo gusano en pulgadas o tipo tornillo. Las curvas de la tubería generalmente se superan gracias a las estructuras de dirección de transmisión diferencial (para sistemas de cuerpo único) o articuladas.

50 Cuando se requiere la capacidad de trepar, la solución más común es utilizar robots con sistemas de propagación. Sin embargo, ninguno de estos sistemas puede hacer frente a entornos de tuberías estrechas que integran grandes cambios abruptos de diámetro y curvas y también requieren la capacidad de trepar. En este caso, se ha intentado combinar el sistema de locomoción de los robots con elementos de sujeción como agarres, ventosas, polímeros adhesivos o elementos (electro)magnéticos. Dado que estos conceptos suelen implicar una mecánica compleja y dado que el entorno considerado es ferromagnético, se han considerado sistemas de unión magnética. Estos robots aprovechan la fuerza magnética para desplazarse por superficies con cualquier inclinación, sin embargo, su movilidad se limita a superficies lisas y libres de obstáculos.

55 Las publicaciones US 2014/076223 A1, WO 2015/081013 A1 y US 2012/116583 describen ejemplos de robots de la técnica previa con capacidades de movilidad limitadas en entornos de tuberías desafiantes.

Por consiguiente, todavía existe una necesidad sustancial de robots móviles que sean adecuados para inspeccionar estructuras de tuberías de formas complejas. Tales estructuras de tubería complejas pueden tener una amplia gama de diámetros internos y pueden estar compuestas por elementos de tubería horizontales y verticales. Además, se pueden encontrar obstáculos internos como curvas y accesorios de tuberías (ramales en T, ramales en Y) y cualquier inclinación.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un robot móvil para la inspección de tuberías que sea capaz de abordar las desventajas asociadas con la técnica previa, como se discutió anteriormente.

### Compendio de la invención

La presente invención proporciona un robot como se define en la reivindicación 1 independiente de esta memoria que es adecuado para desplazarse a través de una tubería. El robot de la invención comprende al menos un medio de transmisión con orugas y al menos un medio de rodillos que puede girar alrededor de un eje sustancialmente normal a un eje de rodadura de este, en donde dicho al menos un medio de transmisión con orugas y al menos un medio de rodillos están provistos de medios magnéticos para generar una fuerza de adhesión magnética entre el robot y una pared interna de la tubería.

Una realización de la presente invención proporciona un robot como se define en la reivindicación 2 de esta memoria que es adecuado para desplazarse a través de una tubería. El robot inventivo comprende un cuerpo que tiene una forma aerodinámica simplificada que promueve la presión del robot contra la pared interna de la tubería.

Por medio de su sistema de locomoción o tracción magnética, el robot inventivo de una realización de la presente invención puede desplazarse a través de tuberías con cualquier inclinación con respecto al vector de gravedad y también puede trepar fácilmente en segmentos de tubería verticales. La fuerza de adhesión magnética entre el robot y la pared interna de la tubería mantiene al robot en contacto con la superficie de forma segura. Los obstáculos internos tales como curvas o accesorios de tuberías (ramales en T, ramales en Y) se superan con la ayuda de los medios de transmisión con orugas de una manera similar a como lo hace una oruga a través de un terreno intransitable. La velocidad de los medios de transmisión con orugas y su movimiento o dirección de movimiento se pueden controlar de forma independiente, por ejemplo, una oruga gira hacia adelante y la otra hacia atrás, lo que brinda capacidad de dirección para atravesar curvas de 45° o 90°, ramales en T y ramales en Y.

En otra realización, la presente invención proporciona sistemas robóticos como se define en las reivindicaciones 14 y 15 de esta memoria. En una realización del sistema de robot inventivo, dicho sistema comprende dos robots como se definió anteriormente, en donde dichos dos robots están conectados entre sí de tal manera que sus al menos un medio de transmisión con orugas y al menos un medio de rodillos están dispuestos uno frente al otro y cuando dicho sistema robótico se desplaza a través de una tubería, se presionan eficazmente contra la pared de la tubería. Este sistema robótico es, por tanto, del tipo conocido de presión contra la pared.

En una realización de la presente invención, los robots inventivos descritos anteriormente pueden estar provistos de una atadura de múltiples hebras o múltiples tubos o cable umbilical a través del cual se conecta a una estación de control sobre el suelo (por ejemplo, una estación de trabajo informática) y fuentes de energía eléctrica, señales de control operacional, suministro de fluido presurizado a sistemas neumáticos y/o hidráulicos integrados, y similares. En lugar de una atadura o un cable umbilical, la comunicación con la estación de control puede ser inalámbrica, p. ej. por radio, óptica o acústica.

En otra realización del sistema de robot de la invención, dicho sistema comprende dos o más (una "pluralidad") de robots como se definió anteriormente. Dichos robots pueden configurarse para cooperar entre sí de tal manera que cuando se desplazan a través de una tubería se distribuyan en diferentes ubicaciones circunferenciales respectivas alrededor del orificio interior de la tubería y se muevan generalmente en paralelo al eje de la tubería. Opcionalmente, los miembros del grupo de robots pueden configurarse para comunicarse entre sí. Opcionalmente, se puede implementar un sistema de retroalimentación constante entre robots que permita la coordinación constante (p. ej., ajuste de dirección/trayectoria de desplazamiento o velocidad) de robots individuales en cooperación con otros, así como un cambio del comportamiento de todo el grupo. La comunicación puede realizarse únicamente mediante comunicación local, que, por ejemplo, puede lograrse mediante sistemas de transmisión inalámbrica. Tal sistema de robot es más resistente a fallas. Mientras que un robot grande puede fallar y arruinar una misión, un grupo de robots puede continuar incluso si varios robots fallan.

Cada robot de la pluralidad de robots tal como se definió anteriormente puede configurarse para comunicarse con al menos otro robot, opcionalmente mediante un enlace de comunicaciones inalámbricas, opcionalmente a través de una estación base, alternativa o adicionalmente directamente entre sí. Los robots pueden configurarse para cooperar para realizar una operación de inspección.

La operación de inspección puede comprender el desplazamiento de la pluralidad de robots a lo largo de la tubería, donde cada robot inspecciona un área respectiva de la tubería de una manera coordinada en donde se inspecciona sustancialmente la totalidad de una superficie interior de una longitud predeterminada de tubería. En algunas disposiciones, se inspecciona sustancialmente toda la superficie interior de la longitud predeterminada de tubería durante la operación de inspección. La operación de inspección puede comprender hacer que la pluralidad de robots

pase a lo largo de la longitud predeterminada de la tubería una cantidad predeterminada de veces, que puede ser una, dos, tres o más veces.

5 Cada trayectoria seguida por un robot sobre la longitud predeterminada durante la operación de inspección puede ser sustancialmente única. Opcionalmente, ningún robot sigue la misma trayectoria más de una vez durante una operación de inspección determinada. Además, opcionalmente, no hay dos robots que sigan sustancialmente la misma trayectoria durante una operación de inspección determinada.

Cada vez que un robot se desplaza a lo largo de la longitud predeterminada, puede inspeccionar una parte de la tubería que no se inspecciona más de una vez durante una operación de inspección determinada.

10 La pluralidad de robots puede disponerse para inspeccionar la tubería por medio de uno o más dispositivos sensores NDT tales como medios de inspección por resonancia acústica, inspección ultrasónica, inspección por corrientes de Foucault, captura de una o más imágenes tales como imágenes de video o cualquier otro método adecuado. Los robots pueden configurarse para detectar la presencia de una o más especies químicas en algunas realizaciones.

Cada uno de la pluralidad de robots puede comprender un cuerpo que tenga una forma aerodinámica simplificada que promueva la presión del robot contra la pared interna de la tubería.

15 La presente invención se puede aplicar en un método para la inspección de tuberías. El método comprende mover al menos un robot o sistema robótico como se definió anteriormente a lo largo de una tubería dentro de una red de tuberías; inspeccionar dicha tubería en busca de fugas o fallas mediante el uso de al menos un sistema de visualización por máquina y/o al menos un dispositivo NDT y/o al menos otro dispositivo sensor de dicho robot o sistema robótico; y rastrear la posición de dicho robot o sistema robótico dentro de dicha tubería mediante el uso de al menos un dispositivo de localización, p. ej., un sistema de posicionamiento global (GPS).

Otros aspectos, objetos y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas o preferidas consideradas junto con los dibujos adjuntos de esas realizaciones ilustrativas o preferidas.

25 Las realizaciones ventajosas y/o preferidas de la invención son objeto de las respectivas reivindicaciones dependientes.

30 A menos que se especifique expresamente lo contrario, todos los intervalos numéricos, cantidades, valores y porcentajes, tales como los de cantidades de materiales, contenidos elementales, tiempos y temperaturas, proporciones de cantidades y otros, en la siguiente parte de la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas pueden leerse como si estuvieran precedidos por la expresión "alrededor de" aunque la expresión "alrededor de" no aparezca expresamente con el valor, la cantidad o el intervalo. En consecuencia, a menos que se indique lo contrario, los parámetros numéricos establecidos en la siguiente memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas son aproximaciones que pueden variar dependiendo de las propiedades deseadas que se pretenden obtener mediante la presente invención, como mínimo, y no como un intento de limitar la aplicación de la doctrina de equivalentes al alcance de las reivindicaciones, cada parámetro numérico debe al menos interpretarse en función de la cantidad de cifras significativas informada y mediante la aplicación técnicas de redondeo comunes.

A pesar de que los intervalos numéricos y los parámetros que establecen el amplio alcance de la invención son aproximaciones, los valores numéricos establecidos en los ejemplos específicos se indican con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene intrínsecamente un error que surge necesariamente de la desviación estándar encontrada en sus respectivas mediciones de prueba subyacentes.

40 Cuando se utilizan en esta memoria porcentajes en peso, los valores numéricos indicados son relativos al peso total.

45 Además, debe entenderse que se pretende que cualquier intervalo numérico mencionado en esta memoria incluya todos los subintervalos incluidos en este. Se pretende que la mención de intervalos de valores en esta memoria sirva meramente como un método abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que se encuentre dentro del intervalo, a menos que se indique lo contrario en esta memoria, y cada valor separado se incorpora en la memoria descriptiva como si se mencionara individualmente en esta memoria. Además, cuando se establecen en esta memoria intervalos numéricos, estos intervalos incluyen los extremos del intervalo enumerados (es decir, se pueden usar los extremos). Por ejemplo, un intervalo de "1 a 10" pretende incluir todos los subintervalos entre (y que incluyen) el valor mínimo mencionado de 1 y el valor máximo mencionado de 10, es decir, tener un valor mínimo mayor o igual que 1 y un valor máximo menor o igual que 10.

50 En una realización de la invención, los medios de rodillos magnéticos del robot inventivo se seleccionan del grupo que consiste en ruedas giratorias (o rotatorias) y ruedas de bolas. Ambos tipos de ruedas se pueden combinar si es adecuado o deseado. En general, una rueda giratoria es una rueda no accionada, simple, doble o compuesta que está diseñada para montarse en la parte inferior de un objeto más grande (el "vehículo") para permitir que ese objeto se mueva fácilmente. Ventajosamente, las ruedas giratorias utilizadas en la invención son ruedas rotatorias. Una rueda rotatoria incorpora una rueda montada en una horquilla, en donde una junta giratoria adicional sobre la horquilla permite que la horquilla gire libremente unos 360°, lo que permite que la rueda ruede en cualquier dirección. Esto hace

que sea posible mover fácilmente el vehículo en cualquier dirección sin cambiar su orientación. Las ruedas de bolas comprenden una bola que puede girar libremente, por ejemplo, en un casquillo de bolas. Los imanes utilizados para las ruedas pueden ser imanes permanentes o electroimanes. Se prefieren los imanes permanentes (por ejemplo, imanes de neodimio) ya que no necesitan corriente eléctrica y son más ligeros de peso. Además, son a prueba de fallas. Por ejemplo, las ruedas pueden comprender anillos ferromagnéticos.

En otra realización de la invención, los medios de transmisión a tracción magnéticos (u orugas) del robot de la invención comprenden un sistema de suspensión que permite que las orugas se doblen y mantengan la tracción constante y la tensión requerida. Los sistemas de suspensión adecuados están disponibles comercialmente o pueden adaptarse fácilmente a las necesidades prácticas. Los medios magnéticos de los medios de transmisión con orugas pueden ser los mismos que los de los medios de rodillos. La forma de las orugas y el sistema de suspensión es adecuada para la curvatura de la tubería, lo que aumentará el área de contacto y maximizará la fricción. En una realización, las orugas magnéticas están reforzadas por pasadores metálicos en cada junta. Los pasadores están bloqueados en cavidades que los mantienen en su lugar.

En otra realización más de la invención, el robot inventivo comprende un cuerpo que tiene una forma aerodinámica simplificada que promueve la presión del robot contra la pared interna de la tubería. Un perfil aerodinámico (o ahusado) tiene la forma de un ala. Un cuerpo con forma de perfil aerodinámico que se mueve a través de un fluido produce una fuerza aerodinámica que puede usarse para el propósito de la invención para presionar al robot hacia abajo. Un ejemplo de una forma de perfil aerodinámico que se encuentra en la naturaleza es la aleta de delfín. La forma aerodinámica simplificada utilizada en la invención puede ser pasiva o activa. Pasiva significa que la forma del perfil aerodinámico no cambia con el uso, mientras que activa significa que la forma del perfil aerodinámico puede cambiar en respuesta a señales externas. Las formas activas del perfil aerodinámico pueden estar hechas de un material adaptable, p. ej., un material elastomérico magnetorreológico (MRE). Los MRE (también llamados elastómeros magnetosensibles) son una clase de sólidos que consisten en una matriz polimérica con partículas ferromagnéticas de tamaño micro o nano incrustadas como el hierro de carbonilo. Como resultado de esta microestructura compuesta, las propiedades mecánicas de estos materiales pueden controlarse mediante la aplicación de campo magnético. El cuerpo del robot inventivo puede, por ejemplo, tener un diseño "monocasco" o puede estar compuesto por un chasis y un cuerpo soportado por el chasis. Un monocasco es un enfoque estructural mediante el cual las cargas se soportan a través de la capa externa de un objeto, similar a una cáscara de huevo. Si se utiliza un chasis, no es necesario que tenga forma de perfil aerodinámico. En algunos entornos de tuberías, puede resultar ventajoso que el cuerpo (o chasis/cuerpo) sea resistente a la presión y hermético al gas.

En otra realización de la invención, el robot inventivo puede comprender al menos un sistema de visión artificial (MV). MV es la tecnología y los métodos utilizados para proporcionar inspección y análisis automático basado en imágenes para aplicaciones tales como inspección automática, control de procesos y guía de robots en la industria. En el robot de la invención, el sistema MV puede montarse, por ejemplo, en la parte delantera o trasera o en la parte delantera y trasera del robot. El sistema MV puede comprender al menos una cámara de vídeo, por ejemplo, una cámara fija orientada hacia delante, una cámara autonivelante o una cámara de giro e inclinación. La tecnología de cámara utilizada puede ser digital o analógica. Las cámaras analógicas están disponibles en tres tecnologías principales, cada una de las cuales se puede utilizar en la invención: CMOS, CCD y CCIQ. Estos tipos de cámaras están disponibles comercialmente en una amplia selección. En algunos entornos de tuberías, puede resultar ventajoso que la cámara sea resistente a la presión y hermética a los gases. La cámara de vídeo puede operar en el espectro de luz visible o no visible. El espectro de luz no visible puede ser, por ejemplo, el espectro infrarrojo, el espectro infrarrojo cercano o el espectro ultravioleta. Además, la cámara de vídeo puede comprender al menos una matriz de iluminación para iluminar. El sistema de MV permite que el robot reconozca los elementos de la tubería y se autocentre en relación con la tubería. También se puede utilizar para la ubicación, la orientación y como verificación de las tareas completadas por el robot.

En otra realización de la invención, el robot inventivo puede comprender al menos un dispositivo de prueba no destructiva (NDT). El dispositivo NDT se basa en una técnica adecuada para tuberías, por ejemplo, técnica de fuga de flujo magnético, resonancia acústica, ultrasonidos o corrientes de Foucault. Con estas técnicas se pueden proporcionar datos de toda la circunferencia de la pared de la tubería para evaluaciones estructurales. Se pueden detectar defectos tales como corrosión por picaduras y corrosión general, grietas, abolladuras, arrugas y combaduras, desprendimiento del revestimiento, espesor de pared y pérdida de metal.

El dispositivo NDT se puede montar, por ejemplo, en el robot mediante un manipulador o un brazo robótico que permita mover el dispositivo NDT dentro de la tubería. En una realización de la presente invención, el brazo móvil puede portar al menos una parte de sensor, donde la porción de sensor comprende al menos un sensor, donde el robot está configurado para mover el brazo desde una posición baja a una posición elevada con respecto a una orientación vertical del robot para permitir que el al menos un sensor se coloque sustancialmente coincidente con una línea central de una tubería sustancialmente cilíndrica, en uso.

En algunas situaciones, en la posición elevada, la parte del sensor puede colocarse de modo que "coincida sustancialmente" con la línea central de la tubería. La cantidad en la que la parte del sensor se eleva desde la posición baja puede ajustarse para adaptarse al uso en tuberías de diferentes diámetros internos respectivos. Por tanto, la altura del brazo puede ajustarse de modo que la parte del sensor "coincida sustancialmente" con la línea central.

5 El brazo puede configurarse para hacer que la parte del sensor permanezca en una orientación sustancialmente fija con respecto a la línea central de la tubería cuando la parte del sensor se eleva y se baja. Por ejemplo, el robot puede configurarse de manera que cuando la parte del sensor se eleva o se baja, experimente una traslación con respecto a la línea central de la tubería casi sin una rotación relativa. En algunas realizaciones, el brazo puede comprender una disposición de articulación de barra tal como una disposición de articulación de cuatro barras que permita elevar la parte del sensor sin rotación de esta.

La parte del sensor puede comprender al menos un dispositivo de prueba no destructiva (NDT).

10 Opcionalmente, dicho al menos un dispositivo NDT puede comprender un detector de flujo magnético, opcionalmente además de una fuente de flujo magnético. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo NDT puede comprender un detector acústico y opcionalmente una fuente acústica. El dispositivo NDT puede configurarse para provocar resonancia acústica de una parte de una tubería y medir la frecuencia de resonancia acústica. Pueden resultar útiles otras configuraciones. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo NDT puede comprender un receptor ultrasónico y opcionalmente un transmisor ultrasónico. El dispositivo NDT puede disponerse para realizar una inspección ultrasónica. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo NDT puede configurarse para inducir y detectar corrientes eléctricas de Foucault en la tubería. Otras configuraciones pueden resultar útiles en algunas realizaciones.

Hay al menos un sensor en la parte del sensor que puede comprender un dispositivo seleccionado del grupo que consiste en un sensor de temperatura, un sensor de presión, un sensor de flujo y un sensor para detectar la presencia de una o más sustancias químicas. El sensor para detectar sustancias químicas puede ser uno seleccionado del grupo que consiste en un sensor de metano y un espectroscopio IR por transformada de Fourier (FTIR).

20 En una realización de la invención, el dispositivo NDT/brazo manipulador está, por ejemplo, montado en la parte superior del cuerpo del robot, y el brazo manipulador permite mover el dispositivo NDT al centro de la tubería. Por supuesto, el dispositivo NDT también puede montarse debajo o en un lado del cuerpo del robot si es adecuado o deseado, y también puede montarse sin un brazo manipulador.

25 En otra realización más de la invención, el robot inventivo puede comprender al menos un dispositivo sensor, por ejemplo, un sensor de temperatura, un sensor de presión, un sensor de flujo o sensores para sustancias químicas. El sensor de sustancias químicas puede ser, por ejemplo, un sensor de metano para detectar metano o, para un análisis químico más avanzado, un espectroscopio IR de transformada de Fourier (FTIR). Por supuesto, también se pueden usar otros sensores según las circunstancias prácticas.

30 En otra realización de la invención, el robot inventivo puede comprender al menos un dispositivo de localización para detectar la posición del robot dentro de la tubería. El dispositivo de localización puede ser, por ejemplo, un odómetro, un giroscopio/sensor de orientación, un sensor de inercia (giroscopio y acelerómetros juntos) y un sistema de posicionamiento global (GPS) o sonda.

35 Por supuesto, todas las características opcionales del robot inventivo como se describió anteriormente pueden combinarse. Por lo tanto, un robot inventivo puede comprender, por ejemplo, un sistema MV delantero y trasero, un dispositivo NDT y cualquier sensor adicional necesario para propósitos específicos.

40 Además, el experto en la técnica apreciará que el robot de la invención y/o cualquier dispositivo de sensor, NDT o MV pueden tener un diseño modular. El diseño modular, o "modularidad en el diseño", es un enfoque de diseño que subdivide un sistema en partes más pequeñas llamadas módulos, que se pueden crear de forma independiente y luego utilizar en diferentes sistemas. Un sistema modular se puede caracterizar por la división funcional en módulos discretos escalables y reutilizables, el uso riguroso de interfaces modulares bien definidas y el uso de estándares de la industria para interfaces. Además de la reducción de costos (debido a una menor personalización y un tiempo de aprendizaje más corto) y la flexibilidad en el diseño, la modularidad ofrece otros beneficios como el aumento (agregar una nueva solución simplemente conectando un nuevo módulo) y la exclusión.

45 Si es adecuado o se desea, también es posible combinar dos o más robots inventivos de manera que uno (o más) robots arrastren o empujen a los demás. Por supuesto, los robots combinados pueden ser idénticos o no. Por tanto, es posible que, por ejemplo, el sistema MV, el dispositivo NDT y cualquier sensor adicional estén montados en diferentes robots.

### Breve descripción de los dibujos

50 A continuación se describirán una o más realizaciones de la invención en sus diversos aspectos, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una ilustración esquemática de una vista en planta de un robot de inspección de tuberías según una realización de la presente invención;

la Figura 2 es una vista en perspectiva del mismo robot de inspección de tuberías ilustrado esquemáticamente en la Figura 1;

la Figura 3 es una vista en perspectiva de un medio de transmisión a tracción magnético según una realización de la presente invención;

la Figura 4 es una vista en perspectiva de un medio de rodillo magnético según una realización de la presente invención que comprende

5 la Figura 5 es una vista en perspectiva de un sistema robótico según una realización de la invención que comprende dos robots como se definió anteriormente, en donde dichos dos robots están conectados entre sí (aquí, p. ej., alineados en el centro) de tal manera que su al menos uno medio de transmisión a tracción y al menos un medio de rodillo estén dispuestos uno frente al otro y cuando dicho sistema robótico se desplaza a través de una tubería se presionen eficazmente contra la pared de la tubería.

10 La Figura 6 es una vista en perspectiva que muestra un sistema robótico inventivo según otra realización de la invención que comprende una pluralidad de robots como se definió anteriormente. Los robots están configurados para cooperar entre sí de tal manera que cuando se desplazan a través de una tubería se distribuyan en diferentes ubicaciones circunferenciales respectivas alrededor del orificio interior de la tubería y se muevan generalmente en paralelo al eje de la tubería.

### 15 **Descripción detallada de realizaciones**

Un robot inventivo según una realización de la invención se ilustra esquemáticamente en la Figura 1. Incluye un cuerpo aerodinámico en forma de perfil aerodinámico (perfil bajo) 1 con un brazo de articulación NDT 3 montado en una parte superior. Por medio del sistema de articulación 3, el módulo de escaneo modular NDT 2 puede elevarse al centro de la tubería (en el intervalo de DN600 a DN900). El dispositivo se impulsa mientras se monitorea el interior de la tubería mediante la cámara de campo orientada hacia adelante 4. Durante el funcionamiento normal y la inversión del cable umbilical utilizado para la transmisión de señales de control y datos se observa con la cámara orientada hacia atrás 5. Además, la forma de las orugas se adapta a la geometría compleja de la tubería y para aumentar el área de la superficie de contacto. El sistema de suspensión 6 permite que las orugas se doblen y mantengan la tracción constante y la tensión requerida. Una serie de ruedas magnéticas de rodadura libre 7 aumentan la tracción y permiten que el robot navegue por el segmento vertical e inclinado de la tubería. Los datos y las señales de control se transmiten a través de un cable umbilical conectado al robot mediante un conector trasero 8.

En una realización de la presente invención se utiliza un sistema de gestión umbilical (UMS). El UMS puede estar ubicado dentro del recipiente de lanzamiento. Los UMS adecuados están disponibles comercialmente y/o pueden adaptarse fácilmente. Por ejemplo, un UMS adecuado tiene las siguientes características:

- 30
- Rotación de tambor accionada por motores eléctricos
  - Anulación manual de la rotación del tambor para la recuperación del modo de falla
  - Plataforma con ruedas para permitir la inserción suave del UMS en el recipiente de lanzamiento
  - Alimentación umbilical motorizada para permitir que el cable umbilical se enrolle uniformemente a través del tambor.
- 35
- Cámara de alta presión integrada (como se definió anteriormente) para monitorear los mecanismos UMS y el carrete umbilical

**REIVINDICACIONES**

1. Un robot adecuado para desplazarse a través de una tubería que comprende:  
al menos un medio de transmisión a tracción y al menos un medio de rodillo (7) que puede girar alrededor de un eje sustancialmente normal a un eje de rodadura de este, en donde dicho al menos un medio de transmisión a tracción y al menos un medio de rodillo (7) están provistos de medios magnéticos para generar una fuerza de adhesión magnética entre el robot y una pared interna de la tubería.
2. El robot de la reivindicación 1, en donde dicho robot comprende un cuerpo (1) que tiene una forma aerodinámica simplificada que promueve la presión del robot contra la pared interna de la tubería.
3. El robot de la reivindicación 1 o 2, en donde dichos medios de rodillo (7) se seleccionan del grupo que consiste en ruedas giratorias y ruedas de bolas.
4. El robot según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 3, en donde dichos medios magnéticos comprenden imanes permanentes.
5. El robot según una cualquiera de las reivindicaciones 1, 2, 3 y 4, en donde dichos medios de transmisión a tracción comprenden un sistema de suspensión (6) que permite que las orugas se doblen y mantengan la tracción constante y la tensión requerida.
6. El robot según la reivindicación 2, en donde dicho cuerpo (1) está hecho de un material adaptativo que responde a señales externas.
7. El robot de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un sistema de visión artificial (4, 5), en donde dicho al menos un sistema de visión artificial está preferiblemente montado en la parte delantera o trasera o en la parte delantera y trasera del robot.
8. El robot según la reivindicación 7, en donde dicho sistema de visión artificial comprende al menos una cámara de vídeo (4, 5) seleccionada del grupo que consiste en una cámara fija orientada hacia adelante (4), una cámara autonivelante y una cámara panorámica e inclinable. y en donde dicha al menos una cámara de vídeo opera preferiblemente en el espectro de luz visible o no visible, en donde dicho espectro de luz no visible se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en el espectro infrarrojo, el espectro infrarrojo cercano y el espectro ultravioleta.
9. El robot según la reivindicación 8, en donde dicha al menos una cámara de vídeo (4, 5) comprende al menos una matriz de iluminación.
10. El robot según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un dispositivo de prueba no destructiva (NDT) (2), en donde dicho dispositivo NDT se basa preferiblemente en una técnica seleccionada del grupo que consiste en fuga de flujo magnético, resonancia acústica, ultrasonidos y corrientes de Foucault.
11. El robot según la reivindicación 10, en donde dicho dispositivo NDT está montado en dicho robot mediante un brazo manipulador (3) que permite mover dicho dispositivo NDT dentro de la tubería.
12. El robot según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un dispositivo sensor seleccionado del grupo que consiste en un sensor de temperatura, un sensor de presión, un sensor de flujo y sensores para sustancias químicas, en donde dicho sensor para sustancias químicas se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en un sensor de metano y un espectroscopio de IR por transformada de Fourier.
13. El robot según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un dispositivo de localización para detectar la posición del robot dentro de la tubería, en donde dicho al menos un dispositivo de localización se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en un odómetro, un sensor de orientación/giroscopio y un sistema de posicionamiento global (GPS).
14. Un sistema robótico que comprende dos robots como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde dichos dos robots están conectados entre sí de tal manera que sus al menos un medio de transmisión a atracción y al menos un medio de rodillo estén dispuestos uno frente al otro y cuando dicho sistema robótico se desplaza a través de una tubería, se presionen eficazmente contra la pared de la tubería.
15. Un sistema robótico que comprende dos o más robots como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde dichos robots están configurados para cooperar entre sí de tal manera que cuando se desplazan a través de una tubería se distribuyan en diferentes ubicaciones circunferenciales respectivas alrededor del orificio interior de la tubería y se muevan generalmente en paralelo al eje de la tubería.

FIGURA 1

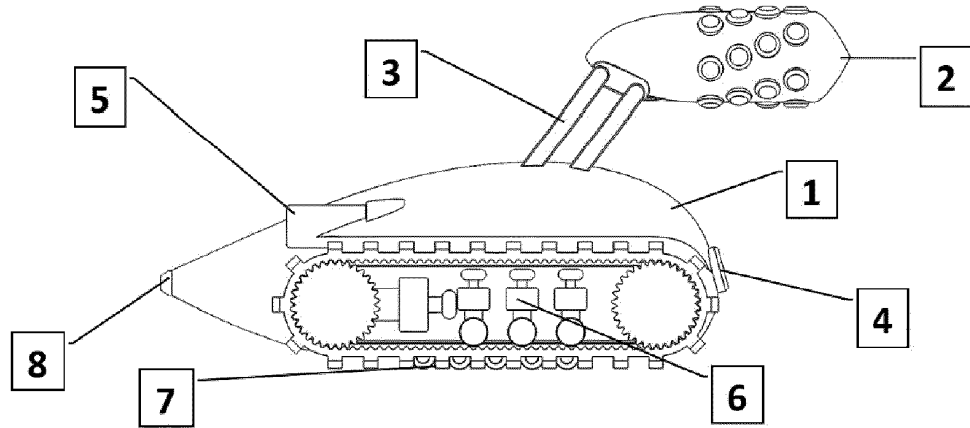
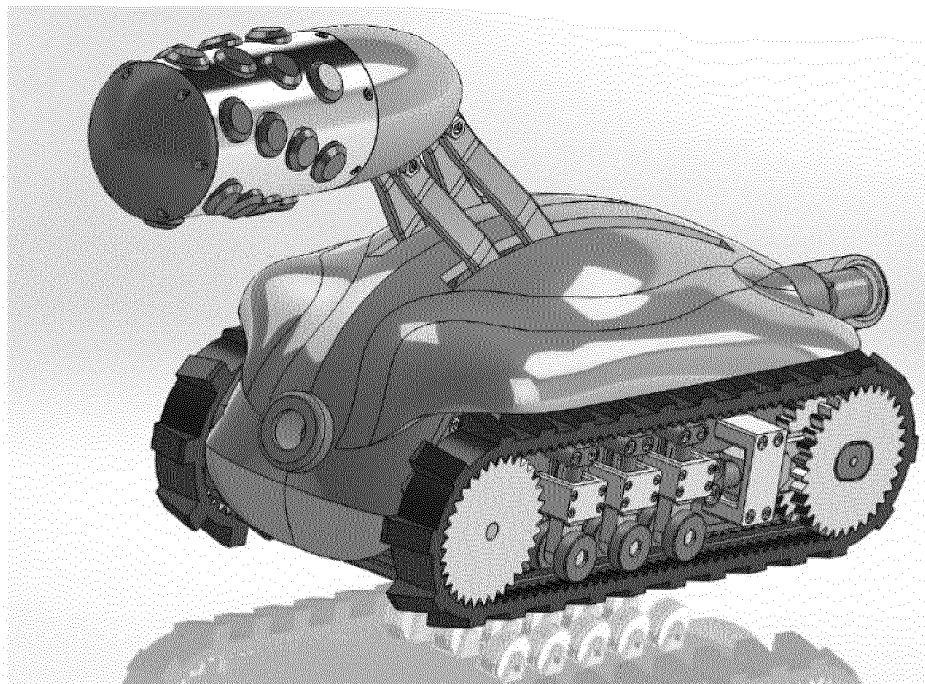
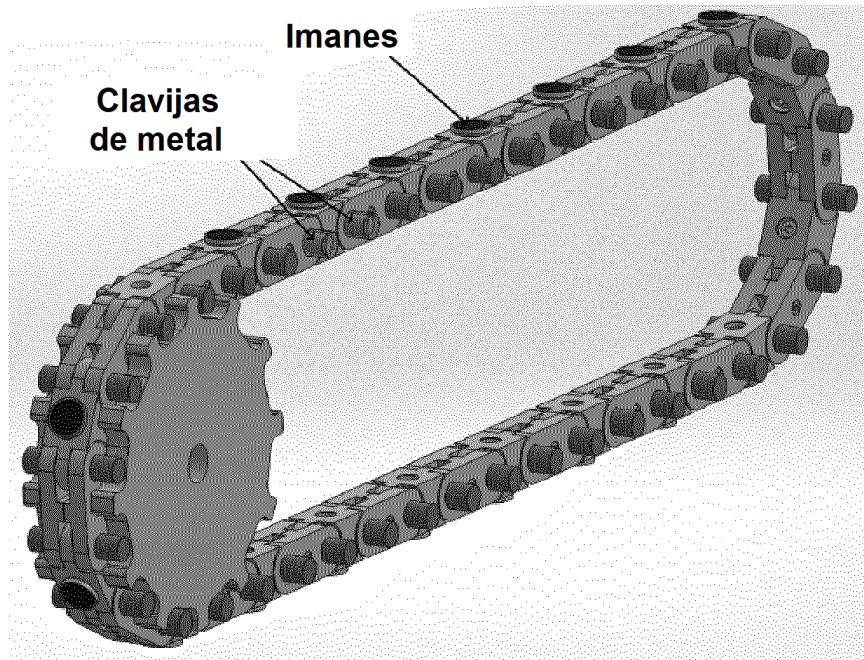


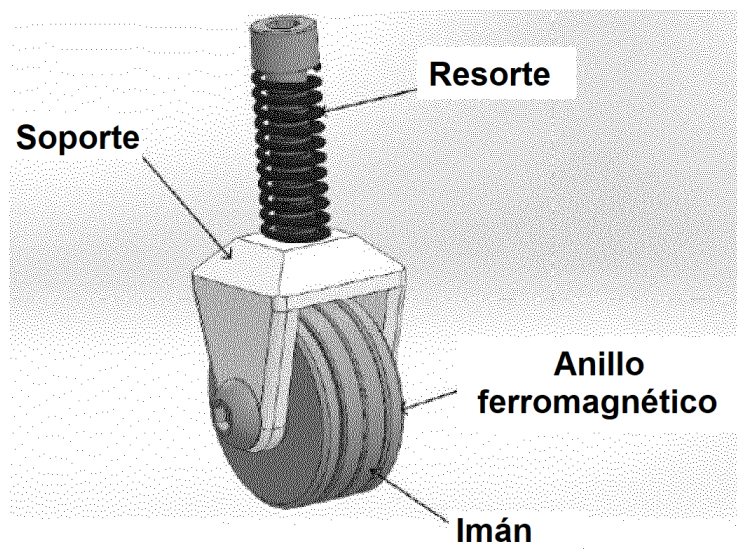
FIGURA 2



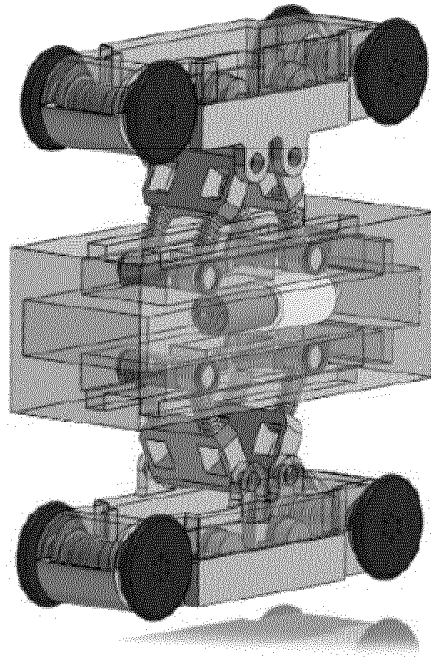
**FIGURA 3**



**FIGURA 4**



**FIGURA 5**



**FIGURA 6**

