

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 802 477**

51 Int. Cl.:

**F16L 1/26** (2006.01)

**B63C 11/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2017 PCT/US2017/051141**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018 WO18057344**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2017 E 17777445 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3516280**

54 Título: **Robots móviles coordinados para entorno acuático**

30 Prioridad:

**20.09.2016 US 201662397175 P**  
**23.08.2017 US 201715684102**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.01.2021**

73 Titular/es:

**SAUDI ARABIAN OIL COMPANY (100.0%)**  
**1 Eastern Avenue**  
**Dhahran 31311, SA**

72 Inventor/es:

**OUTA, ALI;**  
**ABDELLATIF, FADL;**  
**PATEL, SAHEJAD y**  
**TRIGUI, HASSANE**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

ES 2 802 477 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**

Robots móviles coordinados para entorno acuático

5 Campo de la invención

Se proporcionan sistemas, métodos y dispositivos para realizar inspecciones y otras tareas en activos subacuáticos, incluidas tuberías y estructuras subacuáticas que incluyen o utilizan al menos un primer y segundo robots que están configurados para cooperar entre sí en apoyo de una operación en una tubería objetivo u otra estructura.

10

Antecedentes de la invención

Las operaciones de inspección subacuática pueden ser una tarea complicada para un sistema robótico, especialmente cuando la tarea se realiza mientras flota en el agua, por ejemplo, en un punto medio de la columna de agua. La manipulación robótica de una herramienta de inspección, como un brazo de inspección, puede ser difícil ya que las fuerzas de reacción de la superficie inspeccionada pueden empujar un vehículo operado a distancia ("ROV") hacia atrás y alterar su estabilidad. Del mismo modo, realizar la limpieza de la vida marina en una tubería o tubería subacuática, por ejemplo, usando un chorro de agua, creará un fuerte empuje hacia atrás que dificultará la estabilización del ROV. En el documento EP2489911 se muestra un aparato de sellado adecuado para usar como una abrazadera de reparación subacuática.

15

20

En consecuencia, existe la necesidad de proporcionar vehículos subacuáticos que estén configurados estructuralmente y controlados operacionalmente para resolver los problemas de estabilidad asociados con las fuerzas de reacción causadas por la operación de herramientas, por ejemplo, un brazo robótico o un sistema de limpieza (a modo de ejemplo, y no limitación, un cepillo giratorio o un chorro de agua/cavitación). La presente invención, como se describe en el presente documento, proporciona una solución a este y otros problemas.

25

Sumario de la invención

30

En un aspecto de la invención, se proporciona un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente que proporciona estabilización contrabalanceada durante la realización de una operación en una estructura subacuática objetivo. El sistema robótico incluye un primer vehículo robótico subacuático que está dimensionado y conformado para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo. También se proporciona un segundo vehículo robótico subacuático que está dimensionado y conformado para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo. El segundo vehículo robótico subacuático puede estar al menos parcialmente orientado en una posición opuesta al primer vehículo robótico subacuático. Los mecanismos de acoplamiento complementarios son compatibles con el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos y están dispuestos de modo que el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos puedan acoplarse selectivamente entre sí con la estructura subacuática objetivo dispuesta al menos parcialmente entre el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos. Se proporciona una herramienta que ejerce una primera fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una primera dirección. La herramienta puede ser compatible con uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos. Se proporciona un módulo de estabilización que ejerce una segunda fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una segunda dirección para contrarrestar al menos parcialmente la primera fuerza. El módulo de estabilización puede ser soportado por uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos.

35

40

45

Según otro aspecto, la herramienta es una herramienta de limpieza.

Según otro aspecto adicional, la herramienta es un brazo robótico.

50

Según otro aspecto, que se puede combinar en una realización construida de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, el módulo de estabilización es un rodillo de contacto.

Según otro aspecto, el módulo de estabilización incluye un sensor de inspección.

55

Según otro aspecto adicional, que se puede combinar en una realización construida de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, los mecanismos de acoplamiento incluyen un gancho/protuberancia y un receptáculo, en donde el receptáculo está dimensionado y conformado para recibir el gancho o la protuberancia, como puede incluirse en una realización particular.

60

Según un aspecto adicional, que se puede combinar en una realización construida de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, los mecanismos de acoplamiento incluyen un cierre y una protuberancia, en donde el cierre es operable para cambiar de posición para enganchar y desenganchar la protuberancia.

65

Según otro aspecto adicional, que se puede combinar en una realización construida de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, los mecanismos de acoplamiento incluyen imanes móviles que son operables para cambiar las orientaciones de los polos con el fin de engancharse y desengancharse entre sí.

Según otro aspecto, se proporciona un método para realizar una operación estabilizada en una estructura subacuática objetivo. El método incluye las etapas para proporcionar un sistema robótico de dos partes. El sistema robótico incluye un primer vehículo robótico subacuático que está dimensionado y conformado para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo. También se proporciona un segundo vehículo robótico subacuático que está dimensionado y conformado para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo. Los mecanismos de acoplamiento complementarios son compatibles con el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos y están dispuestos de modo que el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos puedan acoplarse selectivamente entre sí con la estructura subacuática objetivo dispuesta al menos parcialmente entre el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos. Se proporciona una herramienta que puede ser compatible con uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos. Se proporciona un módulo de estabilización que puede ser soportado por uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos. El método incluye la etapa de acoplar el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos entre sí con la estructura subacuática objetivo dispuesta al menos parcialmente entre el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos. La herramienta se opera de tal manera que ejerce una primera fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una primera dirección. El módulo de estabilización funciona de tal manera que ejerce una segunda fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una segunda dirección para contrarrestar al menos parcialmente la primera fuerza.

Según otro aspecto del método, la herramienta es una herramienta de limpieza.

Según otro aspecto adicional del método, la herramienta es un brazo robótico.

Según otro aspecto del método, que se puede combinar en una realización de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, el módulo de estabilización es un rodillo de contacto.

Según otro aspecto del método, el módulo de estabilización incluye un sensor de inspección.

Según otro aspecto adicional del método, que se puede combinar en una realización de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, los mecanismos de acoplamiento incluyen un gancho/protuberancia y un receptáculo, en donde el receptáculo está dimensionado y conformado para recibir el gancho o la protuberancia, como puede incluirse en una realización particular.

De acuerdo con un aspecto adicional del método, que se puede combinar en una realización de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, los mecanismos de acoplamiento incluyen un cierre y una protuberancia, en donde el cierre es operable para cambiar de posición para enganchar y desenganchar la protuberancia.

De acuerdo con otro aspecto adicional del método, que se puede combinar en una realización de acuerdo con uno o más de los aspectos anteriores, los mecanismos de acoplamiento incluyen imanes móviles que son operables para cambiar las orientaciones de los polos para engancharse y desengancharse entre sí.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra robots móviles coordinados para entorno acuático de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 1A es una ilustración esquemática de robots móviles coordinados para entorno acuático de acuerdo con una realización de la presente invención

Las Figuras 2A-2B ilustran un mecanismo de acoplamiento de robots móviles coordinados para entorno acuático de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La Figura 3 ilustra un mecanismo de acoplamiento de robots móviles coordinados para entorno acuático de acuerdo con otra realización de la presente invención; y

Las Figuras 4A-4B ilustran un mecanismo de acoplamiento de robots móviles coordinados para entorno acuático de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Descripción detallada ciertas realizaciones de la invención

Con referencia a la Figura 1, se proporciona un sistema robótico acoplable selectivamente de dos partes 10. El sistema robótico 10 proporciona estabilización contrabalaceada durante la realización de una operación (por ejemplo, inspección, prueba, limpieza, mantenimiento, construcción y reparación) en una estructura subacuática objetivo (por ejemplo, tubería, cable, estructura de equipo de perforación). El sistema robótico 10 incluye el primer y segundo robots subacuáticos 100, 200. El primer y segundo robots subacuáticos 100, 200 están controlados por un controlador que está configurado para coordinar sus movimientos para que cooperen y juntos mejoren la eficiencia de varias tareas subacuáticas, como se analiza con más detalle a continuación.

5 El primer robot subacuático 100 incluye varios propulsores 102 para maniobrar el robot 100 a una posición con respecto a la estructura objetivo T. Una vez que el robot 100 está en posición, los propulsores 102 pueden usarse para ayudar a mantener la posición del robot 100 y también para mover traslacionalmente el robot 100 a lo largo de la estructura objetivo T y/o mover rotacionalmente el robot 100 alrededor de la estructura objetivo T a medida que el robot realiza tareas. Los propulsores 102 pueden alinearse o rotarse de otro modo para alinearse a lo largo de diferentes ejes del robot (por ejemplo, eje x, y, y z) para que el robot pueda moverse en las tres dimensiones en el entorno subacuático.

10 En la Figura 1, la estructura objetivo T es una tubería subacuática ejemplar. El sistema de robot 10 puede operar otras estructuras, tales como cables, columnas de soporte, tanques, cadenas de anclaje y otras diversas infraestructuras marinas; una tubería subacuática se ilustra simplemente como un objetivo de ejemplo T.

15 El primer robot 100 incluye una herramienta 104 que se utiliza para realizar trabajos sobre la estructura objetivo T. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 1, la herramienta 104 puede ser un chorro de agua capaz de expulsar agua a una velocidad suficiente para desalojar -crecimiento y otra materia del objetivo T. Otras herramientas, como brazos robóticos, cepillos de limpieza, sensores, cámaras, equipos de inspección y prueba no destructivos, arenadoras, soldadores u otras herramientas adecuadas para realizar inspecciones, pruebas y mantenimiento bajo el agua, limpieza, reparación o construcción también se pueden utilizar.

20 El primer robot subacuático 100 puede tener una estructura de casco 106 que esté dimensionada y conformada para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática T. Por ejemplo, el robot subacuático 100 puede tener un casco en forma de U que está dimensionado y conformado para rodear parcialmente la estructura T. Como se muestra en la Figura 1, un casco en forma de U es particularmente adecuado para objetos cilíndricos que rodean parcialmente, como tuberías. El casco 106 puede tener otros tamaños y formas que pueden diseñarse para complementar la estructura objetivo T. El casco 106 puede incluir brazos 108 y 110 que se extienden hacia afuera para abarcar al menos parcialmente el objetivo T y se extienden hacia el segundo robot 200 y soportan primero mecanismos de acoplamiento 112 para facilitar el acoplamiento entre los dos robots 100, 200, como se analiza con más detalle a continuación.

30 El segundo robot subacuático 200 puede ser similar al primer robot 100 en muchos aspectos. El segundo robot 200 puede incluir un conjunto de propulsores 202 para maniobrar en posición y atravesar la estructura objetivo T. Los propulsores 202 se pueden alinear a lo largo de diferentes ejes del robot (por ejemplo, eje x, y, y z) para que el robot pueda moverse en las tres dimensiones en el entorno subacuático. El segundo robot 200 puede tener un casco 206 que tiene un tamaño y forma similares al casco 106 del primer robot 100, que incluye brazos similares 208 y 210. De manera similar, los segundos mecanismos de acoplamiento 212 pueden ser soportados por los brazos 208 y 210.

35 El segundo robot subacuático 200 incluye un módulo de estabilización 204. Como se muestra en la Figura 1, el módulo de estabilización puede comprender un rodillo que está dispuesto para contactar la estructura objetivo T. Otros dispositivos, tales como guías, cojinetes, patines, rodillos u otros dispositivos similares pueden usarse para contactar y aplicar una fuerza. contra la estructura objetivo T. El módulo de estabilización 204 proporciona una fuerza de contrabalanceo y estabilización al primer robot 100 y la herramienta 104, como se describe con más detalle a continuación. Debido a que el módulo de estabilización 204 está en contacto con la estructura objetivo T durante el funcionamiento de la herramienta 104, el módulo de estabilización 204 también puede incluir un sensor u otro equipo de prueba no destructivo (por ejemplo, cámara, transductor ultrasónico, sensor capacitivo) que puede inspeccionar la condición de la estructura objetivo T. En consecuencia, a medida que la herramienta 104 realiza operaciones en la estructura objetivo T (por ejemplo, limpieza), el módulo de estabilización 204 puede proporcionar una fuerza de contrabalanceo y también puede inspeccionar la estructura para confirmar que la herramienta 104 ha realizado su operación satisfactoriamente o para señalar cuando la operación prevista realizada por la herramienta está completa de tal manera que los robots 100, 200 pueden retirarse del objetivo T o moverse a una nueva ubicación sobre una superficie objetivo diferente.

50 Se pueden proporcionar partes componentes cooperantes en el primer y segundo robots subacuáticos 100, 200 para proporcionar un conector de acoplamiento D que permita que los robots se acoplen selectivamente entre sí. El conector de acoplamiento puede incluir un primer mecanismo de acoplamiento 112 soportado por el primer robot 100 y un segundo mecanismo de acoplamiento 212 soportado por el segundo robot 200. Los primeros mecanismos de acoplamiento 112 están soportados por los brazos 108 y 110 mientras que el segundo mecanismo de acoplamiento está soportado por los brazos 208 y 210.

60 Volviendo brevemente a la Figura 1A, una representación esquemática de la disposición de la Figura 1 ilustra el primer y segundo robots subacuáticos 100, 200 acoplados juntos en relación con el objetivo subacuático T. Los brazos 108, 110, 208 y 210 también pueden ser configurado para extenderse en longitud (por ejemplo, telescópicamente) o en forma de cuerdas, cadenas o cable, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 1A. En consecuencia, la longitud de los brazos se puede ajustar de modo que el primer y el segundo robots 100, 200 puedan acoplarse y acomodar estructuras objetivo T de varios tamaños y formas. Como se muestra en la Figura 1A, el primer mecanismo de acoplamiento 112 puede ser un receptáculo, tal como un anillo, que está dimensionado y conformado para recibir el segundo mecanismo de acoplamiento 212, que puede comprender una protuberancia en forma de gancho. El segundo mecanismo de acoplamiento 212 puede ser insertado y retenido por el primer mecanismo de acoplamiento 112 para

acoplar el primer y el segundo robots 100, 200 juntos. Se pueden usar otras disposiciones de mecanismos de acoplamiento, como los mecanismos de acoplamiento que se muestran en las Figuras 2-4, que se analizan con más detalle a continuación. Los propulsores 102, 202 y el módulo de estabilización 204 pueden funcionar como se describe anteriormente.

5 Cuando el primer y el segundo robots se acoplan mediante el mecanismo de acoplamiento, pueden rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo T. Por ejemplo, el primer y el segundo robots 100, 200 pueden dimensionarse y conformarse para rodear en sección transversal la estructura objetivo T con la estructura objetivo T dispuesta entre los robots, como se muestra en la Figura 1. En esta configuración, la herramienta 104 se coloca para  
10 operar sobre la estructura objetivo T y el mecanismo de estabilización 204 se coloca para proporcionar una fuerza de contrabalanceo a las fuerzas ejercidas por la herramienta 104. A medida que la herramienta 104 realiza trabajo sobre la estructura objetivo (por ejemplo, limpieza con chorro de agua), se ejerce una fuerza sobre la estructura objetivo y el primer robot experimenta una fuerza igual y opuesta. Esta fuerza de reacción opuesta puede hacer que el primer robot  
15 100 sea empujado lejos de la estructura objetivo T. Sin las fuerzas contrarrestantes adecuadas, el primer robot 100 se mueve fuera de posición y lejos de la estructura objetivo T y tampoco puede realizar su tarea o no puede realizar la tarea de manera eficiente una vez desplazado. El módulo de estabilización 204 del segundo robot 200 contrarresta la fuerza de reacción experimentada por el primer robot 100. Por lo tanto, de acuerdo con la invención, debido a que el primer y el segundo robots 100, 200 están acoplados entre sí, el primer robot 100 se mantiene en su lugar mientras trabaja en la estructura objetivo por el segundo robot 200. Cuando se opera la herramienta 104, se aplica una primera fuerza contra la estructura objetivo T y el módulo de estabilización proporciona una segunda fuerza igual y opuesta que contrarresta la primera fuerza. Dado que el primer y el segundo robots 100, 200 están acoplados entre sí a través de los mecanismos de acoplamiento, la fuerza neta experimentada por el primer y el segundo robots 100, 200 es cero. La fuerza neta cero permite que los robots permanezcan en una posición estable con respecto a la estructura objetivo T. En consecuencia, el primer y el segundo robots y la herramienta activa y el módulo de estabilización trabajan en conjunto para proporcionar una plataforma de trabajo estable para que varias operaciones puedan ser realizado en la estructura objetivo.

30 Como ejemplo, la herramienta 104 puede ser un chorro de agua que inyecta agua a alta presión contra la estructura objetivo T, que puede ser una tubería, como se muestra en la Figura 1. El chorro de agua se puede dirigir hacia la superficie exterior de la tubería para eliminar diversos desechos, como incrustaciones marinas y/o corrosión de la superficie de la tubería. Cuando el chorro de agua impacta contra la superficie de la tubería en una dirección, el primer robot experimenta fuerzas que lo empujan lejos de la tubería. En consecuencia, el módulo de estabilización 204, que puede comprender un rodillo, contacta el otro lado de la tubería. La fuerza de contacto entre el rodillo y la superficie de la tubería es igual y opuesta. Estas dos fuerzas se transmiten a través del mecanismo de acoplamiento que acopla el primer y el segundo robots 100, 200 juntos y se cancelan entre sí. En consecuencia, los robots permanecen estables con respecto a la tubería y la operación de limpieza se puede realizar eficientemente de manera controlada y estable.

40 Además de estar físicamente acoplados entre sí a través de los mecanismos de acoplamiento, el primer y el segundo robots 100, 200 también se pueden acoplar juntos para que las señales de control y otras señales puedan transmitirse entre el primer y el segundo robots. Los robots pueden conectarse a través de una conexión eléctrica, que puede ser parte del mecanismo de acoplamiento, y/o pueden conectarse a través de módulos de comunicación inalámbrica (por ejemplo, mediante Bluetooth®, comunicaciones de campo cercano, IEEE 802.11 u otro protocolo de comunicación). Dicha conexión permite a los robots operar juntos de manera coordinada. Por ejemplo, cuando el primer robot se mueve a lo largo de la superficie objetivo usando sus propulsores, puede proporcionar señales de control al segundo robot para operar sus propulsores de manera complementaria, de modo que el primer y el segundo robots se muevan juntos. En consecuencia, a medida que el primer robot se mueve a lo largo de la estructura objetivo, el segundo robot seguirá y continuará proporcionando la fuerza de estabilización de contrabalanceo requerida para mantener los robots en la posición deseada con respecto a la estructura objetivo.

50 De acuerdo con una disposición, la comunicación puede establecerse entre la superficie (por ejemplo, una estación de control basada en la superficie, un vehículo de retransmisión de comunicación o una embarcación de soporte) y el primer y el segundo robots. La comunicación puede establecerse utilizando correas (por ejemplo, entre la superficie y el primer y segundo robots) o una tecnología inalámbrica (como acústica, láser, luz visible, RF). Alternativamente, se podría usar una configuración padre-hijo cuando se establezca una conexión directa entre la superficie y un "robot principal" (por ejemplo, el primer robot 100) utilizando una correa, mientras que el otro "robot de soporte" (por ejemplo, el segundo robot 200) se une al robot principal. Esta configuración reduce el número de correas que corren hacia la superficie. La conexión entre los dos robots también podría lograrse utilizando una tecnología inalámbrica de corto alcance.

60 En un esquema de control, el primer y el segundo robots pueden controlarse de forma independiente hasta que se acoplan entre sí. Una vez que se completa el acoplamiento, el primer y el segundo robots pueden configurarse para ser controlados de forma remota como una unidad para atravesar la estructura subacuática objetivo de forma longitudinal o circunferencial.

65 Antes del acoplamiento, los controladores en cualquiera de los robots pueden recibir comandos separados del operador (por ejemplo, joysticks) para accionar los propulsores correctos para lograr el movimiento deseado por el

operador. Para lograr la maniobra de atraque, uno del primer y el segundo robots (por ejemplo, robot de soporte) se puede controlar de forma remota para que descansa contra la estructura subacuática objetivo (por ejemplo, tubería) y, opcionalmente, el uso sensores para mantener automáticamente la profundidad, orientación y/o posición (utilizando, por ejemplo, sensor de presión y brújula). El operador y/o el controlador automático proporcionado por un procesador a bordo también pueden proporcionar fuerza de empuje adicional contra la superficie de la estructura objetivo para contrarrestar el retroceso durante el acoplamiento.

El otro del primer y el segundo robots (por ejemplo, el robot principal) es controlado remotamente por el operador para maniobrarlo cerca del vehículo de apoyo para iniciar el acoplamiento. El acoplamiento puede ser realizado manualmente por el operador o de forma autónoma por el controlador a bordo del vehículo principal utilizando cámaras o sonares a bordo o cualquier sensor adecuado para guiar la maniobra de acoplamiento. Los controladores en ambos robots también pueden comunicarse con cada uno para realizar correcciones automáticas y, por lo tanto, ayudar en el acoplamiento. Los dos robots pueden controlarse de forma remota de esta manera al mismo tiempo o uno después del otro.

Una vez que se completa el acoplamiento, el operador puede controlar el primer y el segundo robots como una unidad de tal manera que los controladores individuales asociados con cada uno del primer y el segundo robots puedan intercambiar señales para determinar qué propulsores en el vehículo combinado necesitan ser accionados para lograr el movimiento deseado por parte del operador incluyendo traslación y rotación en cualquier dirección. Además, los controladores también podrían desbloquear grados adicionales de libertad mediante el uso de nuevas combinaciones de propulsores en ambos vehículos para lograr ciertos movimientos que no son posibles por un vehículo debido a restricciones en los propulsores disponibles.

Además, al realizar una tarea, como limpiar o inspeccionar, los controladores podrían mantener automáticamente la posición utilizando los propulsores combinados para corregir cualquier desplazamiento longitudinal, circunferencial u otro desplazamiento.

Una vez que se completa la tarea, se puede realizar el desacoplamiento. Por ejemplo, los controladores pueden accionar sus respectivos propulsores en direcciones opuestas para desacoplarse. Los controladores también pueden operar el mecanismo de acoplamiento para hacer que el primer y segundo vehículo robótico se desacoplen entre sí. El control manual independiente se recupera sobre el primer y el segundo robots después de completar el desacoplamiento.

Las Figuras 2A-2B muestran el primer mecanismo de acoplamiento 112 del primer robot 100 y el segundo mecanismo de acoplamiento 212 del segundo robot 200 de acuerdo con una realización particular. El primer mecanismo de acoplamiento 112 incluye una protuberancia que tiene una porción acampanada 150 de forma cónica y un poste alargado 152. El segundo mecanismo de acoplamiento 212 incluye un receptáculo que tiene una porción acampanada de forma cónica 250 y un orificio alargado 252 que está dimensionado y conformado para recibir la porción acampanada 150 y la porción alargada 152 del primer mecanismo de acoplamiento 112, respectivamente, como se muestra en Figura 2B. Cuando el primer mecanismo de acoplamiento 112 es recibido por el segundo mecanismo de acoplamiento 212, el primer y el segundo robots 100, 200 se acoplan entre sí (Figura 2B).

La Figura 3 muestra el primer mecanismo de acoplamiento 112 del primer robot 100 y el segundo mecanismo de acoplamiento 212 del segundo robot 200 de acuerdo con una realización particular. El primer mecanismo de acoplamiento 112 incluye un receptáculo en forma de cuña 300 que está dimensionado y conformado para recibir la protuberancia en forma de cuña 302 del segundo mecanismo de acoplamiento 212. El primer mecanismo de acoplamiento 112 incluye dos cierres mecánicamente operables 304. Los cierres 304 incluyen una cara inclinada 306 que está dimensionada y conformada para complementar un borde delantero 308 de la protuberancia 302. A medida que la protuberancia 302 se mueve hacia el receptáculo 300 para su acoplamiento, la superficie complementaria 306 y 308 permite que las partes se deslicen entre sí de manera más eficiente. Los cierres 304 incluyen una superficie generalmente plana 310 en un lado opuesto a la cara inclinada 306. La protuberancia 302 incluye un apoyo 312 que tiene el tamaño y la forma para recibir los cierres 304 con la superficie plana 310 dispuesta adyacente al apoyo 312 cuando el primer y el segundo mecanismo de acoplamiento 112, 212 están acoplados.

Los cierres 304 están soportados cada uno por un pivote 314 y están conectados para girar alrededor del pivote 314. Un actuador 316, tal como un solenoide, está conectado a un brazo 318 y está configurado para extender y retraer el brazo 318 al accionar el actuador 316. El brazo 318 se coloca con respecto al cierre 304 para contactar con el cierre cuando el actuador 316 se acciona en una posición extendida. El brazo 318 incluye un resorte 320 que está conectado al cierre 304 de tal manera que el resorte 320 ejerce una fuerza de tracción sobre el cierre 304 al retraer el actuador 316. Dado que el cierre está conectado al pivote 314, el accionamiento del actuador 316 hace que el cierre 304 gire en ambas direcciones alrededor del pivote 314. En consecuencia, el actuador 316 puede accionarse para rotar el cierre 304 a una posición para facilitar el acoplamiento, rotarse y mantenerse en posición para mantener los robots en una configuración acoplada, y luego girarse en una dirección opuesta para mover el cierre 304 para que los robots puedan desacoplarse.

Las Figuras 4A-4B ilustran el primer mecanismo de acoplamiento 112 del primer robot 100 y el segundo mecanismo

de acoplamiento 212 del segundo robot 200 de acuerdo con una realización particular. Los mecanismos de acoplamiento 112, 212 incluyen cada uno un imán motorizado 400, 402, respectivamente. Los imanes motorizados 400, 402 incluyen un imán que tiene los polos norte y sur que se pueden girar para que se pueda cambiar la orientación de los polos norte y sur. Los concentradores de flujo 404 se proporcionan adyacentes a los imanes motorizados 400, 402 para que la fuerza magnética del imán pueda concentrarse y dirigirse hacia las superficies opuestas de los mecanismos de acoplamiento 112, 212. Los concentradores de flujo 404 pueden incluir rebajes 406 que están dimensionados y conformados para complementar los imanes motorizados 400, 402, de modo que el espacio entre los concentradores de flujo 400 y los imanes motorizados 400, 402 se pueda minimizar, aumentando así la efectividad de los concentradores de flujo.

Como se muestra en la Figura 4A, los imanes motorizados 400, 402 están orientados de manera que los polos se dirigen hacia los concentradores de flujo 404. El imán motorizado 400 está orientado con sus polos opuestos a los polos del imán motorizado 402. Por consiguiente, en esta configuración, los mecanismos de acoplamiento 112 y 212 experimentan una fuerza magnética de atracción que facilita y mantiene el acoplamiento entre el primer y el segundo robots 100, 200. Una vez que se completa el acoplamiento, los imanes motorizados 400, 402 se giran para que los polos no se dirijan hacia los concentradores de flujo 404 y los polos opuestos se dirijan uno hacia el otro, como se muestra en la Figura 4B. Por consiguiente, no se dirige ninguna fuerza magnética neta a través de los concentradores de flujo 404 y los polos opuestos de los imanes facilitan el desacoplamiento del primer y el segundo robots 100, 200. De manera similar, los imanes motorizados 400, 402 pueden rotarse con los polos dirigidos hacia los concentradores de flujo 404 con la misma orientación de polo, haciendo que se dirija una fuerza de desacoplamiento de repulsión a través de los concentradores de flujo 404.

Mientras que los robots 100, 200 se han descrito como cada uno con una herramienta 104 y un módulo de estabilización 204, respectivamente, la herramienta 104 se puede asociar con el robot 100 y el módulo de estabilización se puede asociar con el robot 200, como los robots descritos aquí son lo mismo, salvo por tener características complementarias del conector de acoplamiento D. Como alternativa, las herramientas, el módulo de estabilización y/o las características del conector de acoplamiento pueden ser compatibles con uno u otro del primer y el segundo robots. Además, el primer robot puede ser el "robot principal" y el segundo robot puede ser el "robot de soporte" y viceversa. En una realización alternativa, cada uno de los robots 100, 200 puede estar provisto tanto de una herramienta como de un módulo de estabilización, sustancialmente como se describe anteriormente en relación con la Figura 1, para permitir operaciones en cualquier lado del objetivo T con menos rotación de los robots alrededor del objetivo. Como se apreciará, la construcción particular del módulo de estabilización y herramienta incluida con un robot particular 100, 200 puede ser la misma que la incluida en el otro robot, o diferente. Al proporcionar diferentes herramientas en cada uno de los robots 100, 200, se puede realizar una mayor gama de operaciones mientras los robots están bajo el agua. En ciertas realizaciones, los robots 100, 200 pueden incluir una correa y/o los robots pueden acoplarse entre sí con una cuerda o cadena. A medida que los robots realizan operaciones (limpieza y/o inspección) en la estructura del objetivo bajo el agua (por ejemplo, patrón de limpieza/inspección helicoidal de barrido), la correa/cuerda puede envolverse alrededor de la estructura del objetivo. Una vez que se completa la operación, los robots pueden realizar una maniobra inversa que desenvuelve la correa/cuerda mientras también realiza una segunda operación (limpieza y/o inspección).

Debe entenderse que los números similares en los dibujos representan elementos similares a través de varias figuras, y que no todos los componentes y/o etapas descritas e ilustradas con referencia a las figuras son necesarios para todas las realizaciones o disposiciones. También debe entenderse que las realizaciones, implementaciones y/o disposiciones de los sistemas y métodos descritos en este documento pueden incorporarse como un algoritmo de software, aplicación, programa, módulo o código que reside en hardware, firmware y/o en una computadora utilizable medio (incluidos módulos de software y complementos de navegador) que se pueden ejecutar en un procesador de un sistema informático o un dispositivo informático para configurar el procesador y/u otros elementos para realizar las funciones y/u operaciones descritas en este documento. Debe apreciarse que, de acuerdo con al menos una realización, uno o más programas de computadora, módulos y/o aplicaciones que cuando se ejecutan realizan los métodos de la presente divulgación no necesitan residir en una sola computadora o procesador, sino que pueden distribuirse en un módulo entre varias computadoras o procesadores diferentes para implementar varios aspectos de los sistemas y métodos descritos aquí.

La terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir solamente realizaciones concretas, y no pretende ser limitativa de la invención. Tal como se utiliza en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" están destinadas a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá, además, que los términos "comprende" y/o "que comprende", cuando se utilizan en la presente memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes establecidos, pero no excluyen la presencia o la adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

Cabe señalar que el uso de términos ordinales como "primero", "segundo", "tercero", etc., en las reivindicaciones para modificar un elemento reivindicado no implica por sí solo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento reivindicado sobre otro o el orden temporal en el que se realizan los actos de un método, sino que se usan simplemente como etiquetas para distinguir un elemento reivindicado que tiene un nombre determinado de otro elemento que tiene

el mismo nombre (pero para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos reivindicados.

5 Además, la fraseología y la terminología utilizadas en el presente documento tienen fines descriptivos y no deben ser considerados como limitativos. El uso de "que incluye", "que comprende" o "que tiene", "que contiene", "que implica" y sus variaciones en el presente documento, pretende abarcar los elementos enumerados a continuación y equivalentes de los mismos, así como elementos adicionales.

El asunto descrito anteriormente se proporciona solo a modo de ilustración, y no debe ser interpretado como limitativo.

10 Notablemente, las figuras y ejemplos anteriores no pretenden limitar el alcance de la presente aplicación a una sola implementación, ya que otras implementaciones son posibles mediante el intercambio de algunos o todos los elementos descritos o ilustrados. Además, cuando ciertos elementos de la presente aplicación pueden implementarse parcial o totalmente utilizando componentes conocidos, solo se describen aquellas partes de dichos componentes  
15 conocidos que son necesarias para comprender la presente aplicación, y se describen descripciones detalladas de otras partes de dichos componentes conocidos. omitido para no oscurecer la aplicación. En la presente descripción, una implementación que muestra un componente singular no debe limitarse necesariamente a otras implementaciones que incluyen una pluralidad del mismo componente, y viceversa, a menos que se indique explícitamente lo contrario en el presente documento. Además, los solicitantes no tienen la intención de que se atribuya a ningún término en la descripción o reivindicación un significado especial o poco común a menos que se establezca explícitamente como tal. Además, la presente solicitud abarca equivalentes conocidos presentes y futuros de los componentes conocidos  
20 a los que se hace referencia en el presente documento a modo de ilustración.

La descripción anterior de las implementaciones específicas revelará tan completamente la naturaleza general de la aplicación que otros pueden, aplicando el conocimiento dentro de la habilidad de la(s) técnica(s) relevante(s), modificar  
25 y/o adaptar fácilmente para diversas aplicaciones tales implementaciones específicas, sin excesiva experimentación, sin apartarse del concepto general de la presente aplicación. Por lo tanto, tales adaptaciones y modificaciones están destinadas a estar dentro del significado y el rango de equivalentes de las implementaciones divulgadas, en base a la enseñanza y orientación presentadas en este documento. Debe entenderse que la fraseología o terminología en este documento tiene el propósito de descripción y no de limitación, de modo que la terminología o fraseología de la  
30 presente especificación debe ser interpretada por el experto en la materia a la luz de las enseñanzas y orientación presentadas en este documento, en combinación con el conocimiento de un experto en la(s) técnica(s) relevante(s). Debe entenderse que las dimensiones discutidas o mostradas son dibujos que se muestran de acuerdo con un ejemplo y se pueden usar otras dimensiones sin apartarse de la invención.

35 Si bien se han descrito anteriormente varias implementaciones de la presente aplicación, debe entenderse que se han presentado a modo de ejemplo, y no como limitación. Por lo tanto, la presente aplicación no debe estar limitada por ninguna de las implementaciones de ejemplo descritas anteriormente.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente que proporciona estabilización contrabalanceada durante la realización de una operación en una estructura subacuática objetivo, que comprende:
  - un primer vehículo robótico subacuático dimensionado y conformado para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo;
  - un segundo vehículo robótico subacuático dimensionado y conformado para rodear al menos parcialmente la estructura subacuática objetivo y estar, al menos parcialmente, orientado en una posición opuesta al primer vehículo robótico subacuático;
  - mecanismos de acoplamiento complementarios soportados por el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos y dispuestos de manera que el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos puedan acoplarse selectivamente entre sí con la estructura subacuática objetivo dispuesta al menos parcialmente entre el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos;
  - una herramienta para ejercer una primera fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una primera dirección, la herramienta que se soporta por uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos; y un módulo de estabilización para ejercer una segunda fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una segunda dirección para contrarrestar al menos parcialmente la primera fuerza, el módulo de estabilización que se soporta por uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos.
2. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la herramienta es una herramienta de limpieza o un brazo robótico.
3. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el módulo de estabilización es un rodillo de contacto o incluye un sensor de inspección.
4. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen un gancho y un receptáculo, en donde el receptáculo está dimensionado y conformado para recibir el gancho.
5. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen una protuberancia y un receptáculo, en donde el receptáculo está dimensionado y conformado para recibir la protuberancia.
6. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen un cierre y una protuberancia, en donde el cierre es operable para cambiar de posición para enganchar y desenganchar la protuberancia.
7. Un sistema robótico de dos partes, acoplable selectivamente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen imanes móviles que son operables para cambiar las orientaciones de los polos para engancharse y desengancharse entre sí.
8. Un método para realizar una operación estabilizada en una estructura subacuática objetivo, que comprende las etapas de:
  - proporcionar un sistema robótico de dos partes, que comprende:
    - un primer vehículo robótico subacuático; un segundo vehículo robótico subacuático;
    - mecanismos de acoplamiento complementarios soportados por el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos y dispuestos de manera que el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos puedan acoplarse selectivamente entre sí con la estructura subacuática objetivo dispuesta al menos parcialmente entre el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos;
    - una herramienta, la herramienta que se soporta por uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos; y un módulo de estabilización, el módulo de estabilización que se soporta por uno del primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos;
  - acoplar el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos entre sí con la estructura subacuática objetivo dispuesta al menos parcialmente entre el primer y segundo vehículos robóticos subacuáticos; operar la herramienta de manera que ejerza una primera fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una primera dirección; y
  - operar el módulo de estabilización de manera que ejerza una segunda fuerza contra la estructura subacuática objetivo en una segunda dirección para contrarrestar al menos parcialmente la primera fuerza.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la herramienta es una herramienta de limpieza o un brazo robótico.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el módulo de estabilización es un rodillo de contacto o incluye un sensor de inspección.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen un gancho y un receptáculo, en donde el receptáculo está dimensionado y conformado para recibir el gancho.
- 5 12. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen una protuberancia y un receptáculo, en donde el receptáculo está dimensionado y conformado para recibir la protuberancia.
- 10 13. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen un cierre y una protuberancia, en donde el cierre es operable para cambiar de posición para enganchar y desenganchar la protuberancia.
- 15 14. El método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los mecanismos de acoplamiento incluyen imanes móviles que son operables para cambiar las orientaciones de los polos con el fin de engancharse y desengancharse entre sí.

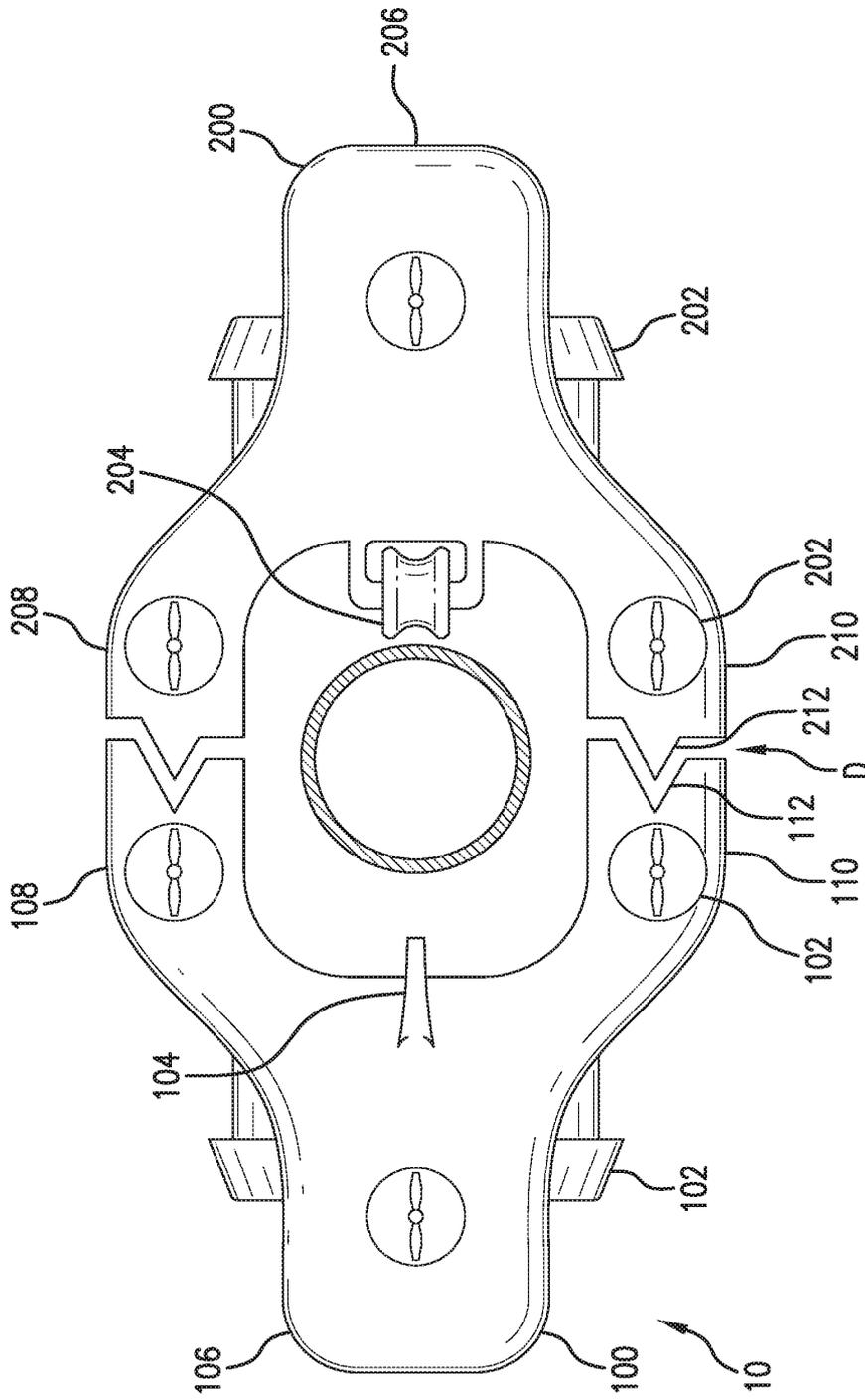


Figure 1

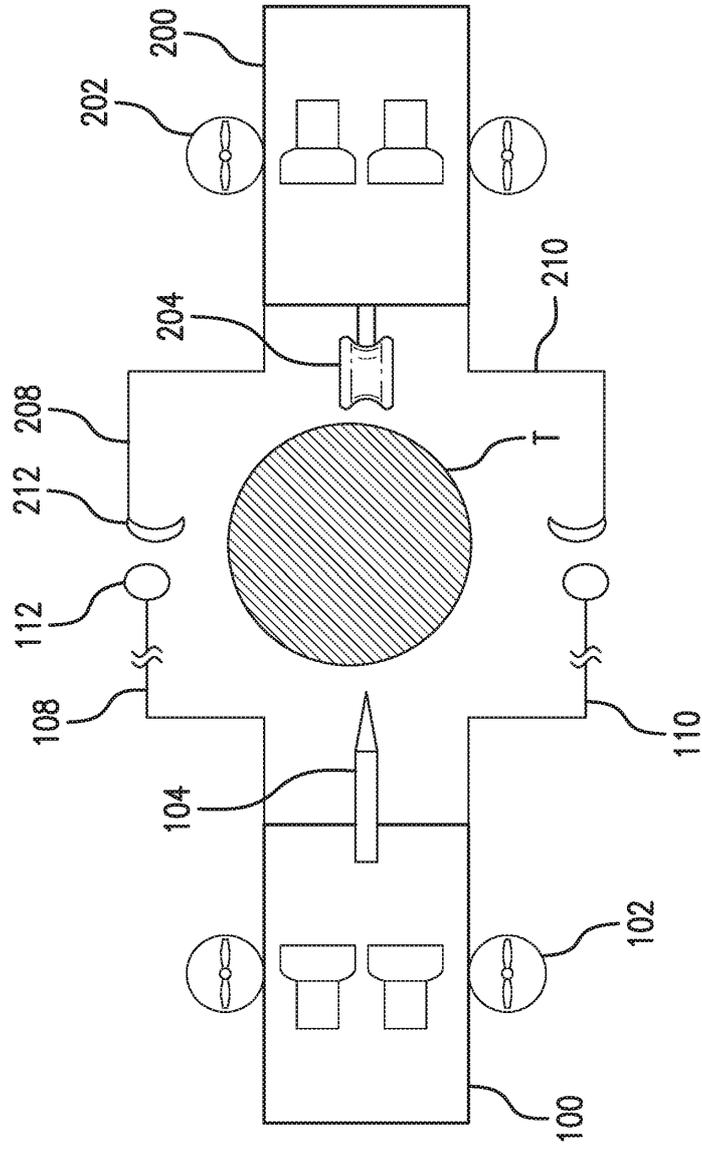


Figure 1A

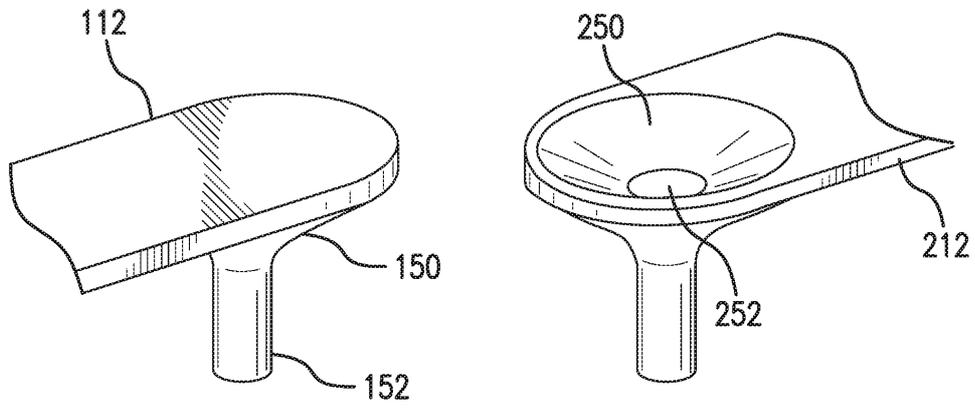


Figura 2A

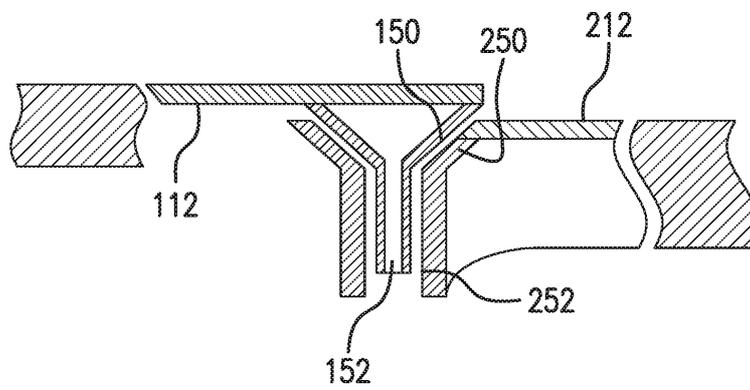


Figura 2B

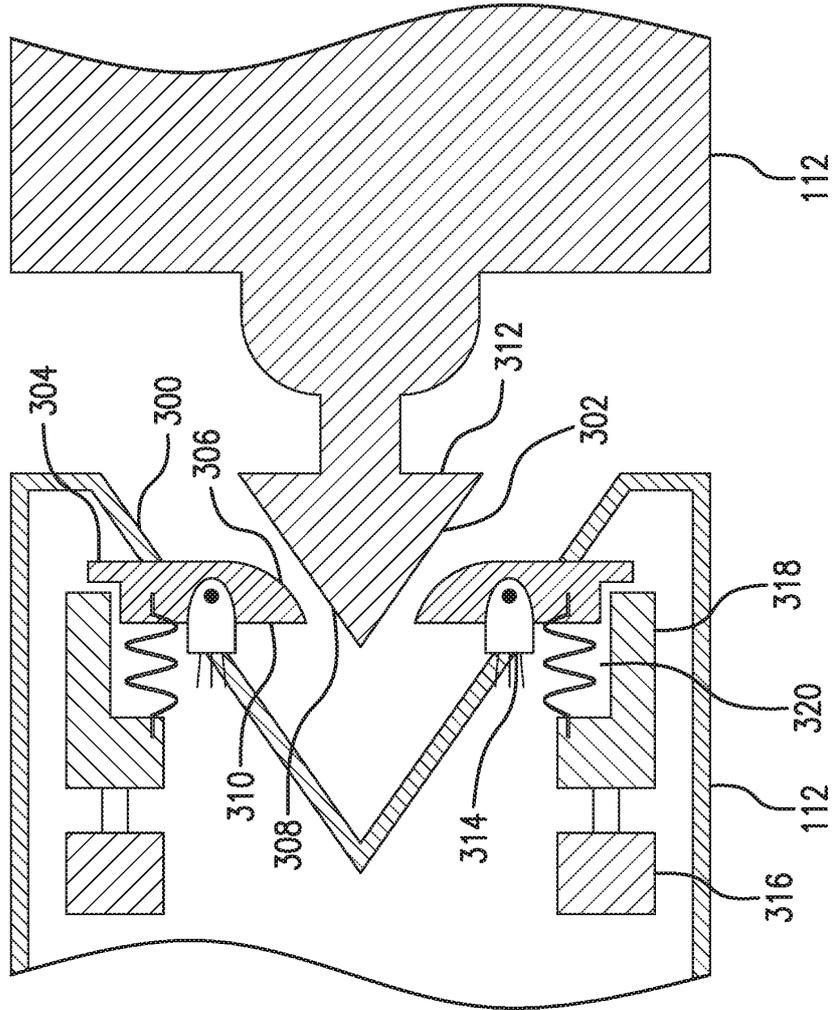


Figura 3

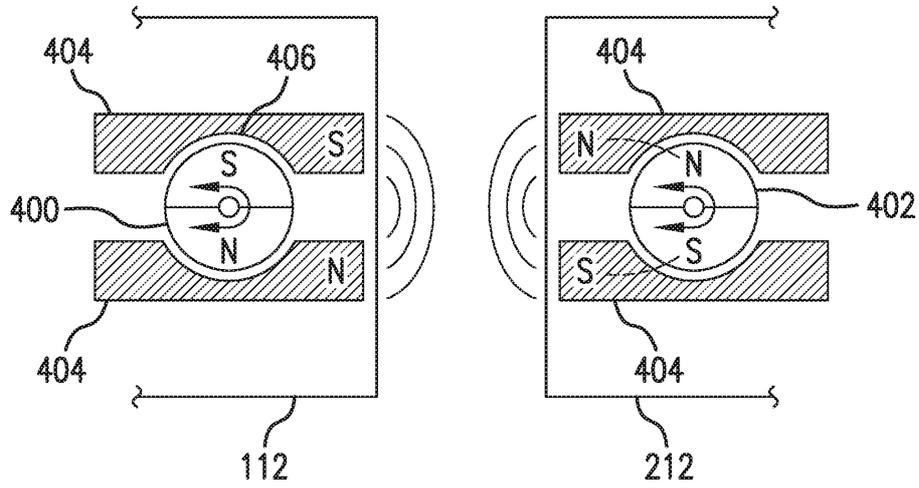


Figura 4A

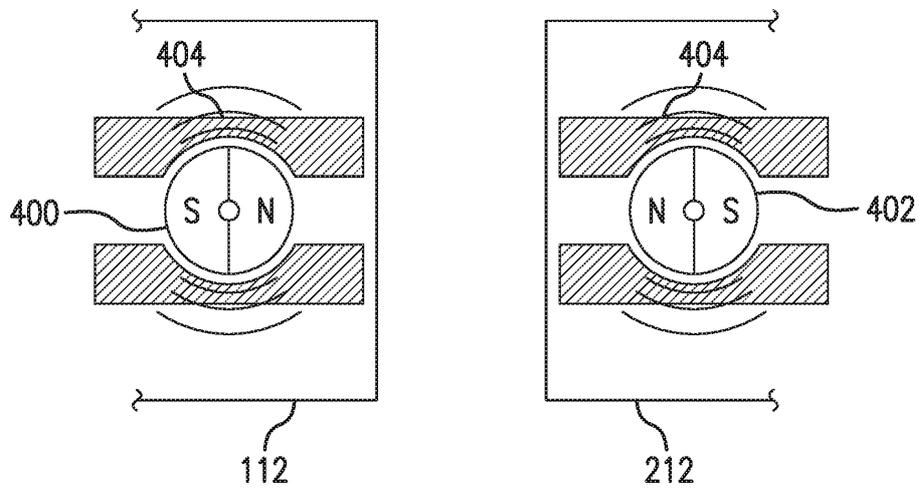


Figura 4B