



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 322 220**

② Número de solicitud: 200701732

⑤ Int. Cl.:

**G01B 21/20** (2006.01)

**G09B 29/00** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **22.06.2007**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **17.06.2009**

Fecha de la concesión: **11.03.2010**

⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **24.03.2010**

⑥ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**24.03.2010**

⑦ Titular/es:  
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
c/ Serrano, nº 117  
28006 Madrid, ES**

⑧ Inventor/es: **Ponticelli, Roberto;  
González de Santos, Pablo y  
Armada Rodríguez, Manuel Ángel**

⑨ Agente: **Pons Ariño, Ángel**

⑩ Título: **Dispositivo útil para la generación de mapas de contorno y sus aplicaciones.**

⑪ Resumen:

Dispositivo útil para la generación de mapas de contorno y sus aplicaciones.

La presente invención describe un dispositivo útil para la generación de mapas de contorno que comprende un soporte abierto, cerrado o con cualquier forma, sobre el que sitúa una red de uno o más medidores de distancia puntuales dispuestos consecutivamente alrededor del perímetro de dicho soporte creando una zona o perímetro de medición cerrado y continuo. Este dispositivo puede acoplarse a un aparato, con o sin capacidad de movilidad, por ejemplo un robot manipulador de objetos, un robot detector de minas antipersonas, un sistema de direccionamiento de una persona ciega, un robot volador (como un quadrotor o helicóptero autónomo), etc.

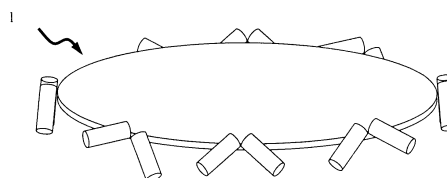


Figura 1.a

ES 2 322 220 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo útil para la generación de mapas de contorno y sus aplicaciones.

**5 Sector de la técnica**

El dispositivo de la presente invención se refiere a un sistema basado en una red de medidores puntuales de distancia configurados de tal modo que permiten la generación de mapas de contorno en tres dimensiones sin contacto con el entorno. Este dispositivo es útil para la navegación, en general, de vehículos y robots móviles en entornos con obstáculos y para el levantamiento de mapas del terreno en la navegación de robots caminantes y de personas.

**Estado de la técnica**

La detección de obstáculos en el camino de vehículos automáticos ha sido un tema de investigación que ha acarado grandes esfuerzos de investigación. Estos sistemas han explotado diferentes conceptos sensoriales que han dado lugar a técnicas diversas que se han complementado en diferentes grados. Así, en los años ochenta y noventa pueden encontrarse ideas patentadas para el seguimiento del terreno utilizando diferentes técnicas de guiado (Patente CA1196711, "*Terrain positioning tracking means and guidance sensor therefor*", 1985, y Patente US4505441, "*Terrain-following transient surface contact vehicle*", 1985) o para el seguimiento de trayectorias con sensores para el nivelado de superficies (Patentes DE3827619 y DE3827620 ambas con el título "*Sensor-controlled tracking device, especially for levelling of ground surfaces*", 1990).

Recientemente, han aparecido nuevas patentes para evitación de obstáculos empleando dispositivos de contacto (Patente US2004112662, "*Contact detecting device and vehicle mounting the same*", 2004, o técnicas láser (Patentes US7133123, "*Laser obstacle avoidance apparatus*", 2006, y JP2005326944, "*Device and method for generating map image by laser measurement*", 2005).

Todas estas ideas ya han dado lugar a sistemas comerciales como el sistema de medición láser SICK fabricado por la empresa alemana Sick AG. Este sistema ofrece una gran precisión, pero resulta voluminoso, pesado y caro.

Los sistemas conocidos se basan en (a) dispositivos de contacto que suelen presentar problemas de interacción con el entorno, (b) dispositivos de no-contacto (láser, ultrasonidos, infra-rojos, microondas, etc.) que resultan ser voluminosos, pesados y fundamentalmente caros y (c) redes formadas por un gran número de medidores de distancia.

La idea básica de esta patente es la realización de un sistema para la generación de mapas de contorno tridimensionales, mucho más pequeño, ligero, y económico, pero sin llegar a las precisiones conseguidas por los dispositivos basados en sistemas láser y empleando un número reducido de medidores de distancia básicos.

**40 Descripción de la invención****Descripción breve**

Un aspecto de la invención lo constituye un dispositivo útil para la generación de mapas de contorno, en adelante dispositivo de la invención, que comprende un soporte con cualquier forma, preferentemente forma circular, sobre el que sitúa una red de uno o más medidores de distancia puntuales dispuestos consecutivamente alrededor del perímetro de dicho soporte formando cada uno un ángulo con respecto a la tangente del perímetro, solapando la zona de medición de un medidor con la zona de medición de uno o más medidores adyacentes creando una zona o perímetro de medición cerrado y continuo que cubre la totalidad del perímetro y/o con otra serie de medidores dispuestos en cualquier ángulo con el plano del soporte.

Una realización preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención cuyo soporte es circular con medidores de distancia de tipo infrarrojo. Parte de estos sensores están dispuestos en el plano del soporte y sobre su contorno formando 0° con la tangente al soporte. El resto de los sensores están dispuestos en planos perpendiculares al soporte y apuntando hacia abajo.

Otro aspecto de la invención lo constituye cualquier aparato que incluya el dispositivo de la invención, en adelante aparato de la invención, con o sin capacidad de movilidad, perteneciente, a título ilustrativo y sin que limite el alcance de la invención, al siguiente grupo: robot manipulador de objetos, por ejemplo un robot detector de minas antipersonas, un sistema de direccionamiento de una persona ciega, robot volador (por ejemplo: quadrotor o helicóptero autónomo), etc.

**Descripción detallada**

La presente invención se refiere a un dispositivo y al uso del mismo para la generación de mapas de contorno (elevación de terreno y mapas de obstáculos) tridimensionales aplicable, por ejemplo, a la navegación de vehículos y robots autónomos e, incluso, al desplazamiento de personas con minusvalías sin contacto con el entorno. La presente invención se basa en que los inventores han observado que una determinada disposición de una red limitada de sensores

## ES 2 322 220 B1

de medida de distancia, sin tener que apuntar necesariamente al objeto en la dirección del movimiento, permite crear un cinturón o área cerrada, alrededor del dispositivo o aparato al que esté unido.

Estos medidores de distancia (3) pueden situarse formando diferentes ángulos con el soporte de tal forma que sus haces (4) se cortan conformando un cinturón cerrado (5). Cuando este cinturón corta o intercepta un objeto del entorno, uno o varios medidores de distancia proporcionan la posición del punto de corte en el sistema de referencia del dispositivo (13), y un algoritmo genera un mapa local de elevación con las posiciones de los puntos detectados y medidos por los detectores de distancia. Si el dispositivo se mueve sobre una superficie es posible formar un mosaico con los mapas locales para formar un mapa del entorno barrido tri- o bidimensional.

Esta red de medidores puntuales se dispone alrededor del dispositivo de manera que es capaz de detectar y localizar respecto de un sistema de referencia (13) tanto los objetos que el dispositivo encuentre en su camino como la situación relativa del sensor al suelo. El dispositivo es pequeño, ligero y de bajo costo. Este dispositivo proporciona información zonal (de un área relativamente pequeña) y para la representación de mapas puede utilizarse, por ejemplo, conjuntamente con un sistema móvil, estando indicados para la navegación, en general, de vehículos y robots móviles en entornos con obstáculos; el levantamiento de mapas del terreno en la navegación de robots móviles y el barrido de zonas con sensores utilizando manipuladores, como es el caso de la detección de minas antipersonas.

Así, un aspecto de la invención lo constituye un dispositivo útil para la generación de mapas de contorno, en adelante dispositivo de la invención, que comprende un soporte abierto, cerrado o con cualquier forma, preferentemente forma circular, sobre el que sitúa una red de uno o más medidores de distancia puntuales dispuestos consecutivamente alrededor del perímetro de dicho soporte formando cada uno un ángulo con respecto a la tangente del perímetro, solapando la zona de medición de un medidor con la zona de medición de uno o más medidores adyacentes creando una zona o perímetro de medición cerrado y continuo que cubre la totalidad del perímetro y/o con otra serie de medidores dispuestos en cualquier ángulo con el plano del soporte.

Un aspecto preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención en el que el soporte o plataforma presenta una forma circular.

Otro aspecto preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención en el que el soporte o plataforma presenta una forma poligonal. En este último caso, la superficie del soporte es dividida en sectores menores a partir de los cuales se puede calcular la disposición de los medidores de distancia para cada caso.

Otro aspecto preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención en el que los medidores de distancia se disponen en un plano horizontal, vertical (superior o inferior) o en ambas disposiciones. Con esta última disposición de medidores el dispositivo puede controlar movimientos en un plano horizontal o vertical por separado o de forma conjunta, creándose de esta forma una malla de haces cruzados alrededor y en la parte inferior del soporte, conformando de esta manera un cinturón cerrado a lo largo del perímetro del soporte.

Otro aspecto preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención en el que los medidores de distancia se disponen formando diferentes ángulos y configuraciones con el soporte, por ejemplo, a título ilustrativo y sin que limite el alcance de la invención, perteneciente al siguiente grupo:

- Una configuración en la que los medidores se disponen en parejas de manera que los haces del sensor sean opuestos. Esta configuración produce unos haces cuya envolvente crea un cinturón cerrado resultando una configuración muy eficiente; sin embargo, puede aparecer un problema de interferencias dependiendo de la tecnología utilizada en el medidor de distancia.
- Una configuración en la que la red de medidores de distancia se divide en dos subredes: horizontal y vertical. La horizontal está dispuesta para que los rayos de los medidores sean tangenciales al soporte. La subred vertical dispone los medidores perpendicularmente al soporte.

Así, una subred detecta los posibles objetos en el camino (horizontal) mientras que la otra (vertical) traza el mapa del terreno sobre el que actúa (Figura 4).

Otro aspecto preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención en el que los medidores de distancia pertenecen, a título ilustrativo y sin que limite el alcance de la invención, al siguiente grupo: medidores por ultrasonidos, infrarrojos, microondas, sensores resistivos flexibles y láser.

Una realización preferente de la invención lo constituye el dispositivo de la invención cuyo soporte es circular con medidores de distancia de tipo infrarrojo. Parte de estos sensores están dispuestos en el plano del soporte y sobre su contorno formando  $0^\circ$  con la tangente al soporte. El resto de los sensores están dispuestos en planos perpendiculares al soporte y apuntando hacia abajo.

Otro aspecto de la invención lo constituye cualquier aparato que incluya el dispositivo de la invención, en adelante aparato de la invención, con o sin capacidad de movilidad, perteneciente, a título ilustrativo y sin que limite el alcance de la invención, al siguiente grupo: robot manipulador de objeto, por ejemplo un robot detector de minas antipersonas, un sistema de direccionamiento de una persona ciega, robot volador (por ejemplo: helicóptero autónomo), etc.

Otro aspecto preferente de la invención lo constituye el aparato de la invención que incluye los elementos necesarios para que el dispositivo de la invención pueda moverse en distintas orientaciones del espacio (véase la Figura 5) y pueda realizar medidas de distancia alrededor de todo el perímetro de dicho dispositivo y/o del propio aparato. De esta forma este movimiento permite eliminar los efectos de las zonas muertas, realizar medidas de distancia a los distintos objetos del entorno y reconstruir así mapas en dos o tres dimensiones que permiten al robot o a la persona tomar decisiones con respecto a su desplazamiento o no. El robot o la persona se relacionan con el dispositivo de la invención mediante el Punto de manipulación o punto de fijación (Figura 4, (8)).

### Descripción detallada de los dibujos

Figura 1.- *Esquema del dispositivo de la invención.* 1a) Vista global del dispositivo (1). 1b) Desglose de componentes del dispositivo y haces. Soporte o plataforma (2), Medidor de distancia (3), Haz del medidor de distancia (4), Envoltorio de la red de medidores de distancia (5) y Punto de manipulación o punto de fijación (8).

Figura 2.- *Versión del dispositivo con dos subredes.* A) *Vista vertical.* Medidor de distancia verticales y horizontales (3-V y 3-H, respectivamente). Haz del medidor de distancia (4). Envoltorio de la red de medidores de distancia (5). B) *Vista superior.* Línea envoltorio de la red de medidores de distancia para la configuración de subred horizontal (6), Zona muerta de la envoltorio de la subred horizontal (7), y Punto de manipulación o punto de fijación (8).

Figura 3.- *Versión del dispositivo con los sensores formando diferentes ángulos con la tangente al soporte.* Medidor de distancia (3), Haz del medidor de distancia (4) y envoltorio de la red de medidores de distancia (5).

Figura 4.- *Visión del dispositivo de la invención con dos subredes en un detector de minas.* Punto de manipulación o punto de fijación (8), Cabeza sensora (9), Detector de minas (10), Soporte cilíndrico de los medidores (11), Medidor de distancia verticales y horizontales por infrarrojos (12).

Figura 5.- *Visión de los diferentes movimientos del dispositivo cuando está unido a un manipulador.* Manipulador (14), punto de manipulación o punto de fijación (8), Cabeza sensora (9).

### Ejemplos de realización

#### Ejemplo 1

*Diseño y fabricación del dispositivo de la invención sobre soporte circular y medidores en dos planos*

El prototipo del dispositivo de la invención para la generación de mapas de contorno (1) está formado por un soporte plano circular (2) con una red de uno o más medidores de distancia (3) basados en técnicas de infrarrojos (12). Como se ha indicado anteriormente estos medidores de distancia (3) pueden situarse formando diferentes ángulos con el soporte de tal forma que sus haces (4) se corten conformando un cinturón cerrado 5. En esta variante del dispositivo de la invención se ha dividido la red de medidores (3) en dos subredes: una red horizontal, formada por los medidores 3-H (n=8), y otra red vertical, formada por los medidores 3-V (n=8) (Figura 2).

Los medidores 3-V de la subred vertical están situados de tal manera que todos son paralelos y perpendiculares al soporte. Los medidores 3-H de la subred horizontal están situados de tal manera que todos forman un ángulo de 0° con la tangente al perímetro del soporte y están en un plano normalmente paralelo al del soporte, y los haces se disponen en el sentido de las agujas del reloj. Con esta configuración el mapa del terreno puede determinarse con facilidad mientras que el cinturón determina unas zonas muertas (7) en las que podrían no detectarse obstáculos pequeños. El ángulo de estas zonas muertas (7) puede disminuirse aumentando el número de medidores de distancia (3) de la subred o disminuyendo el ángulo que cada sensor forman con la tangente al soporte (Figura 3).

Este dispositivo concreto se maniobra desde el punto de manipulación (8) que está unido a un manipulador (14) (Figura 5) situado a bordo de un robot caminante. Todos estos elementos configuran un dispositivo detector de minas antipersonas. Más concretamente, el soporte circular de los medidores de distancia contiene un sistema de detección de metales circular (10) utilizado para la detección de minas constituyendo así la Cabeza Sensora (9). Este detector de minas tiene simetría radial y la señal de salida cambia su frecuencia cuando se sitúa encima de un componente metálico. Los detectores verticales y horizontales están situados en un soporte (11) el cual es un cilindro de material plástico para no interferir en el detector de metales y los medidores de distancia por infrarrojos (12) están separados del detector de metales lo suficiente para que no le interfieran. El punto de manipulación (8) se fija al punto de conexión de la herramienta de un robot manipulador (14) de 5 grados de libertad que desplaza la Cabeza Sensora (9) para la generación del mapa de contorno (Figura 5).

Si este cinturón formado por los haces de los detectores corta o intercepta con el entorno, por ejemplo, suelo o un objeto, uno o varios medidores de distancia proporcionan la posición del punto de corte en el sistema de referencia del dispositivo. En ese momento un procedimiento de cálculo o algoritmo utiliza estos puntos y genera un mapa local de elevación con las posiciones de los puntos detectados y medidos por los detectores de distancia. Si el dispositivo se mueve sobre una superficie es posible formar un mosaico con los mapas locales para formar un mapa del entorno barrido.

## ES 2 322 220 B1

Este prototipo se ha empleado, preferentemente, sobre una plataforma con movimiento relativo al entorno (la plataforma se mueve en el entorno, o los objetos del entorno se mueven con relación a la plataforma). De esta manera, existen dos procedimientos generales para cumplir los dos principales objetivos generales de la presente invención: detección de obstáculos y generación de mapas de contorno que permitan al soporte, preferentemente móvil, la toma de decisiones con respecto al siguiente movimiento a realizar.

El primer procedimiento general consiste en la generación del movimiento (relativo) de la plataforma o soporte que permite a la red de medidores de distancia cubrir todo el perímetro de dicha plataforma. Para el caso de una realización de la invención como el mostrado en la Figura 2 y 3, existe un conjunto de zonas muertas (7) donde, en estado estático de la plataforma, no será detectado ningún objeto de dimensiones inferiores a esta zona. El movimiento de la plataforma continuo evita dichas zonas muertas estáticas y permite la detección de objetos en el entorno de los medidores con lo que el sistema de control del robot los evita. En el caso del ejemplo mostrado en la Figura 4, un movimiento de rotación de la plataforma con sentido horario sumado a un movimiento de traslación particular puede ocasionar la entrada de un objeto dentro de una zona muerta sin ser detectado. La generación de movimiento de la plataforma, entonces, debe ser tal que incluya en sus restricciones evitar la generación de un movimiento compuesto que pueda ocasionar la entrada de algún obstáculo en zonas muertas. Como ejemplo de estas restricciones, con el mismo movimiento de traslación pero sin el de rotación (y viceversa), se descarta la entrada de algún objeto en estas zonas muertas; se puede limitar el movimiento de rotación de la plataforma a un movimiento simple sin traslación, o un movimiento complejo con rotación en sentido anti-horario. En cualquier caso de movimiento, si el objetivo es evitar el contacto con los objetos del entorno, la trayectoria del movimiento de la plataforma debe ser modificada al detectarse un objeto a una distancia mínima establecida, desviando el movimiento en una dirección distinta a la de colisión con el objeto, o deteniendo totalmente el movimiento.

El segundo procedimiento general consiste en la generación y registro de movimiento de la plataforma, de tal manera que con las medidas de distancia a los objetos del entorno, las coordenadas espaciales de la plataforma durante el movimiento, los movimientos de recorrido del entorno y los movimientos de evitación de obstáculos se construya un mapa en dos o tres dimensiones del entorno, que puede incluir el perfil de elevaciones del suelo y el contorno de los objetos del entorno. La generación de trayectorias de movimiento de la plataforma estará referenciada a un sistema de coordenadas fijado en un punto en el entorno, de manera que todas las posiciones y distancias medidas por el sistema de medición puedan ser transportadas al sistema de coordenadas del entorno, permitiendo así el levantamiento del mapa de elevaciones y contornos con referencia el citado sistema de coordenadas.

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo útil para la generación de mapas de contorno **caracterizado** porque comprende un soporte con cualquier forma, preferentemente forma circular, sobre el que sitúa una red de uno o más medidores de distancia puntuales dispuestos consecutivamente alrededor del perímetro de dicho soporte formando cada uno un ángulo con respecto a la tangente del perímetro, solapando la zona de medición de un medidor con la zona de medición de uno o más medidores adyacentes creando una zona o perímetro de medición cerrado y continuo que cubre la totalidad del perímetro y/o con otra serie de medidores dispuestos en cualquier ángulo con el plano del soporte.

10 2. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el soporte o plataforma presenta una forma circular.

3. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el soporte o plataforma presenta una forma poligonal.

15 4. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque los medidores de distancia se disponen en un plano horizontal, vertical (superior o inferior) o en ambas disposiciones.

20 5. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque los medidores de distancia se disponen formando diferentes ángulos con el soporte y con una configuración perteneciente al siguiente grupo:

- i) una configuración con los medidores en parejas de manera que los haces del sensor sean opuestos, y
- ii) una configuración en la que la red de medidores de distancia se disponen en dos subredes: horizontal y vertical.

25 6. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque los medidores de distancia pertenecen al siguiente grupo: medidores por ultrasonidos, infrarrojos, microondas, sensores resistivos flexibles y láser.

30 7. Dispositivo según reivindicación 1 **caracterizado** porque el soporte es circular y está dotado de medidores de distancia de tipo infrarrojo, parte de los cuales están dispuestos en el plano del soporte y sobre su contorno formando  $0^\circ$  con la tangente al soporte, y el resto de los sensores están dispuestos en planos perpendiculares al soporte y apuntando hacia abajo.

35 8. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el aparato está seleccionado entre un robot manipulador de objetos, un sistema de direccionamiento de una persona ciega y un robot volador.

40

45

50

55

60

65

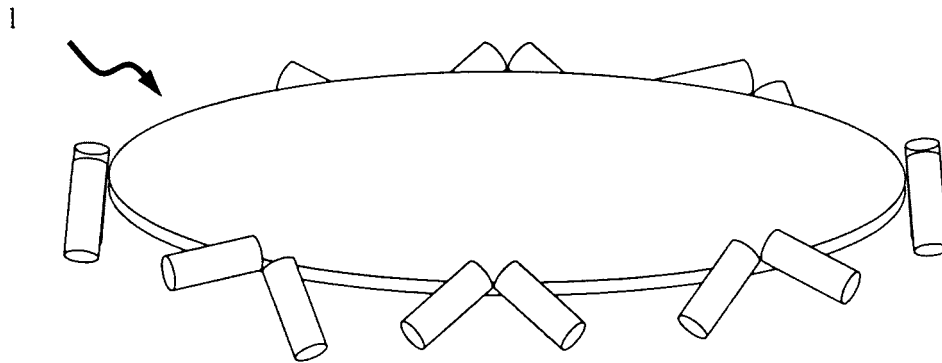


Figura 1.a

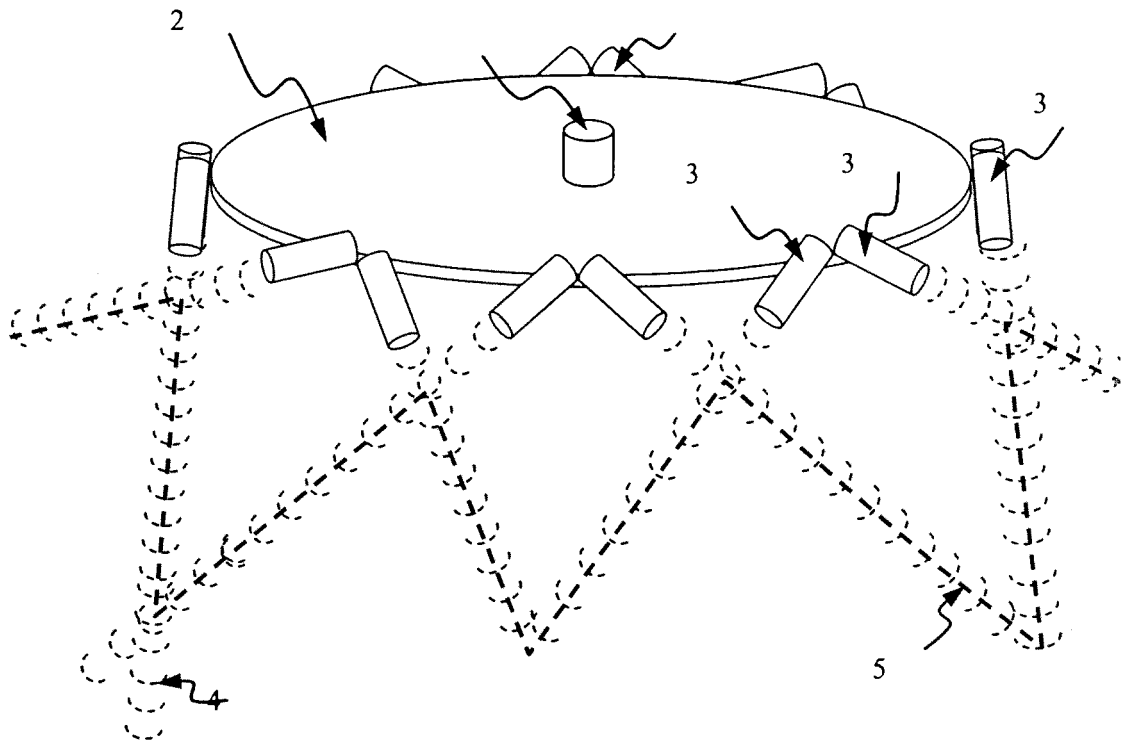


Figura 1.b

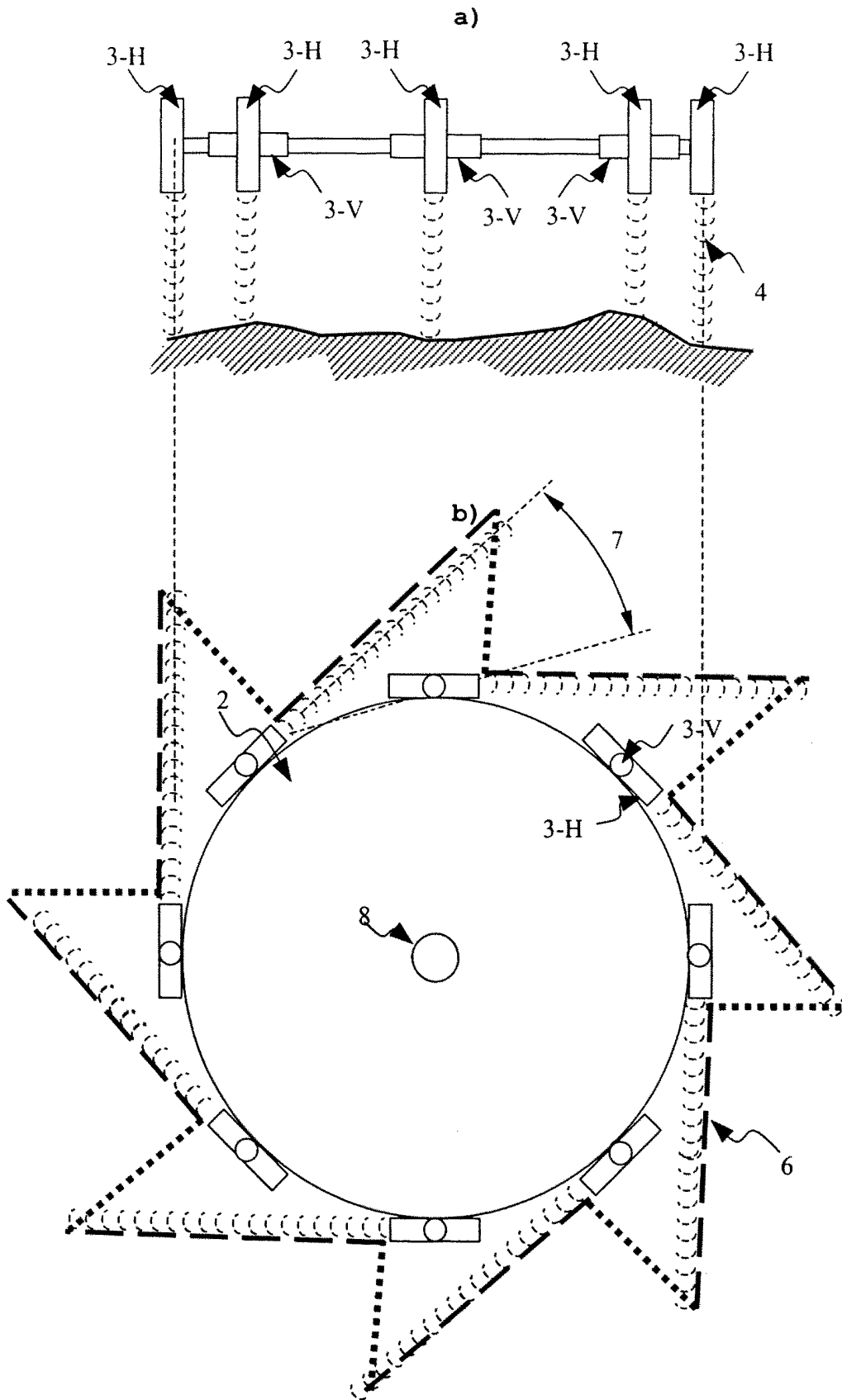


Figura 2



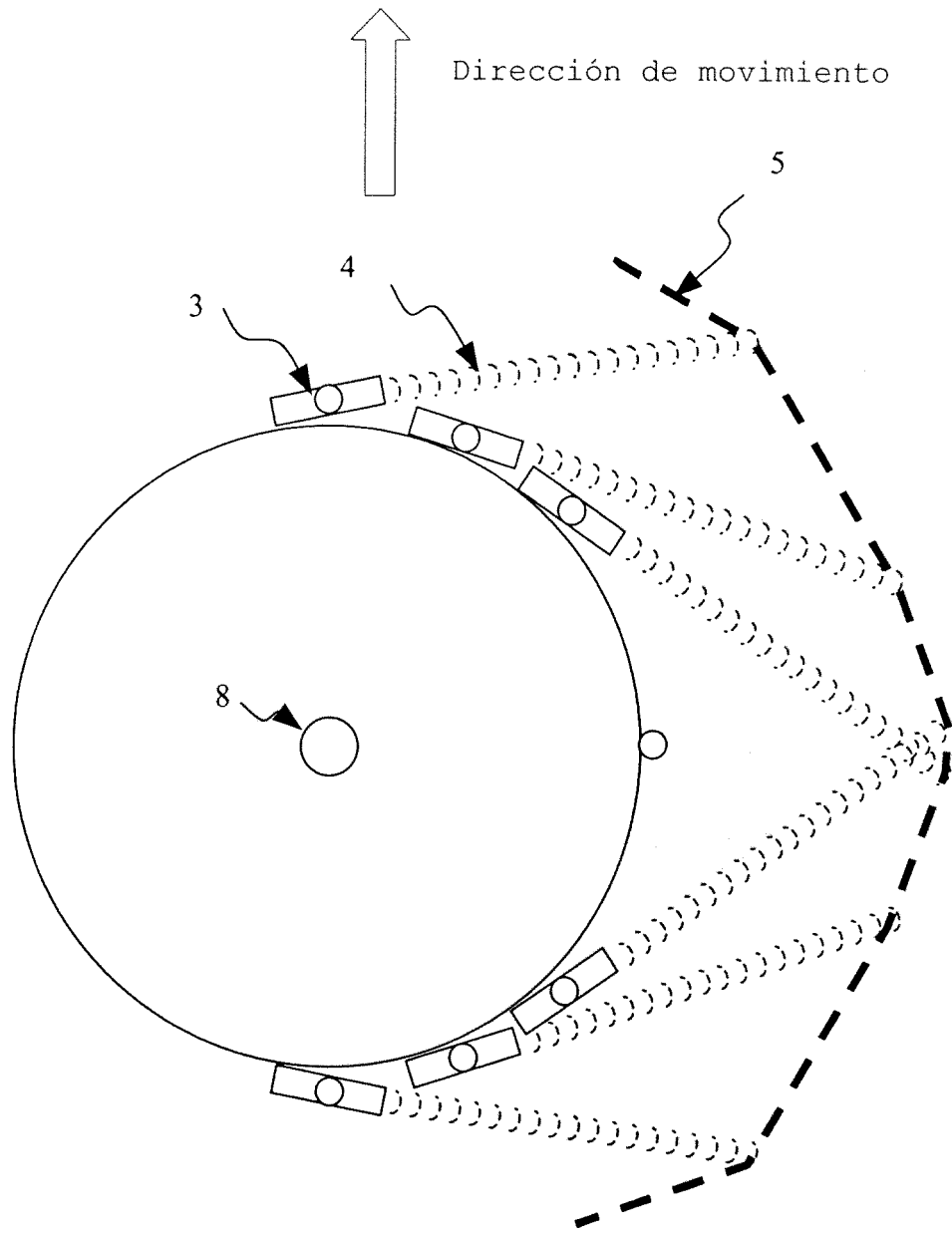


Figura 3

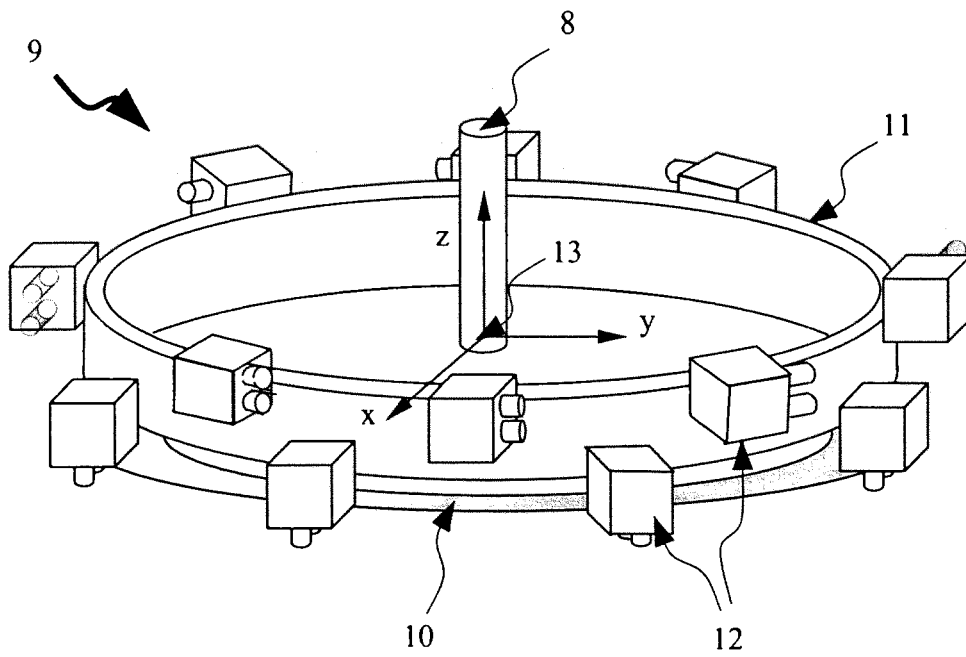


Figura 4

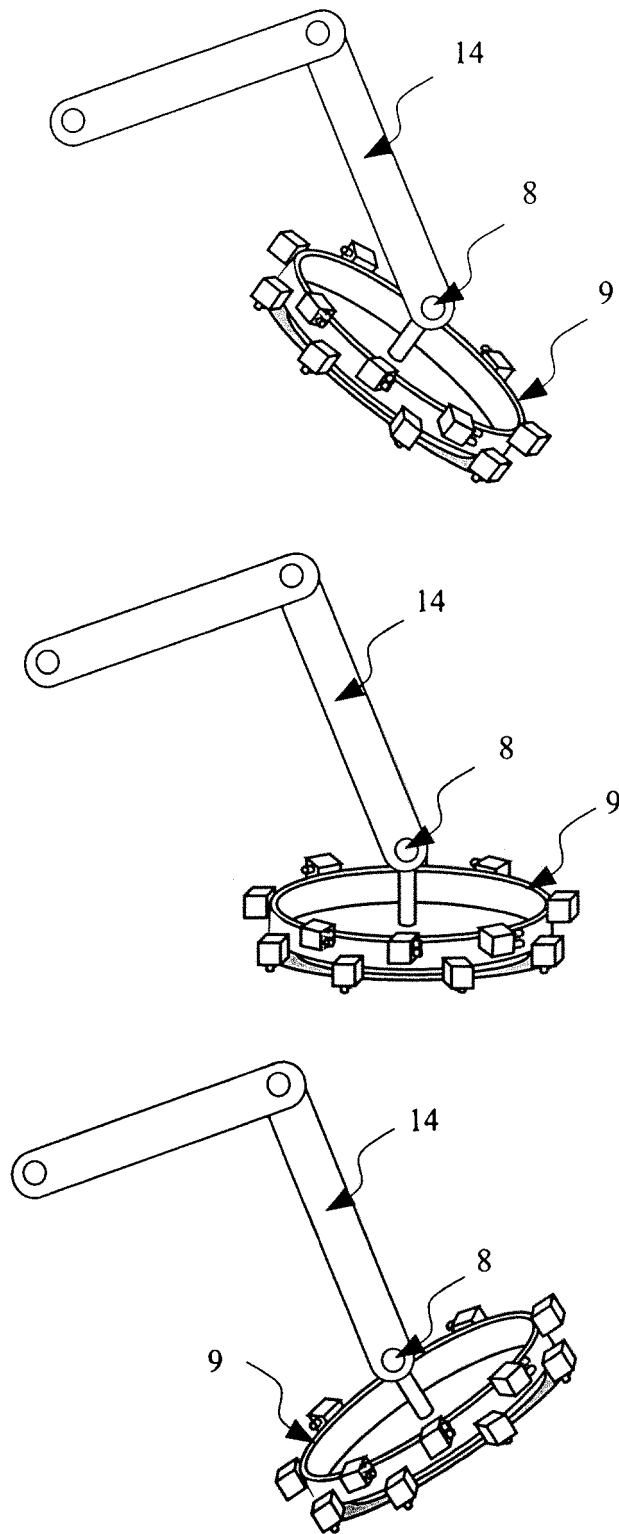


Figura 5



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 322 220

② Nº de solicitud: 200701732

③ Fecha de presentación de la solicitud: 22.06.2007

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01B 21/20** (2006.01)  
**G09B 29/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	GARCÍA, E.; GONZÁLEZ DE SANTOS, P.; "Hybrid deliberative/reactive control of a scanning system for landmine detection; Robotics and Autonomous Systems". Elsevier Science Publishers, Amsterdam, NI, 10.05.2007, volumen 55, número 6, páginas 490-497, ISSN 0921-8890.	1-6
A		7,8
X	GONZALEZ DE SANTOS, P.; GARCÍA, E.; ESTREMER, J.; ARMADA, M.A.; "Dylema: Using walking robots for landmine detection and location". International Journal of Systems Science, 15.07.2005, volumen 36, número 9, páginas 545-558, ISSN 0020-7721.	1-4,6
A		5,7,8
X	US 6333631 B1 (DAS YOGADISH et al.) 25.12.2001, columna 3, línea 39 - columna 6, línea 23; figuras 1-4.	1,4-6
A		2,3,7,8
A	FR 2797043 A1 (COUDERT ANNE MARIE) 02.02.2001, resumen; figura.	1,6
A	JP 2005326944 A (HITACHI LTD) 24.11.2005, resumen; figuras.	1,6

**Categoría de los documentos citados**

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

**Fecha de realización del informe**  
02.06.2009

**Examinador**  
B. Tejedor Miralles

**Página**  
1/1