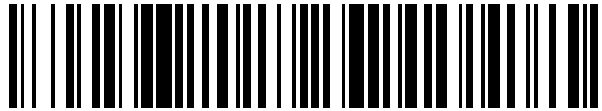


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 303**

51 Int. Cl.:

G01S 7/499 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G01C 15/00 (2006.01)

G01S 5/16 (2006.01)

G01S 17/66 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2003 E 03793359 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2015 EP 1540275**

54 Título: **Sistema de medición multidimensional**

30 Prioridad:

26.08.2002 US 405712 P

25.08.2003 US 646745

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

17.07.2015

73 Titular/es:

**LAU, KAM C. (100.0%)
12700 GREENBIER ROAD
POTOMAC, MD 20854, US**

72 Inventor/es:

LAU, KAM C.

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

Observaciones :

Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 541 303 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

Sistema de medición multidimensional.

- 5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional estadounidense nº 60/405.712 presentada el 26 de agosto de 2002 y de la solicitud estadounidense nº 10/646.745 presentada el 25 de agosto de 2003.

ANTECEDENTES

10 Campo de la invención

En general, la presente invención se refiere a un sistema de medición. En particular, los sistemas y procedimientos de esta invención están dirigidos a un sistema de seguimiento láser multidimensional.

15 Antecedentes de la invención

- Los sistemas de medición de precisión tienen una gran variedad de aplicaciones. Por ejemplo, en robótica, con frecuencia es necesario el posicionamiento y la orientación exactos de un robot. Para lograr un alto grado de precisión se puede usar un sistema de medición de posición de robots. Normalmente, un sistema de este tipo usa un interferómetro de haz láser para determinar la posición y/o la orientación de un efector terminal del robot. Dicho sistema puede controlar la posición y orientación del efector terminal del robot en tiempo real mientras proporciona datos de exactitud, velocidad y medición.

- En el documento WO01/77613A1 se describe un sistema de medición que comprende un sistema de medición base y un escáner de líneas láser montado en una muñeca de un robot industrial convencional. El sistema de medición puede medir puntos de un objeto de medición que no están en la línea de visibilidad directa del sistema de medición base. El escáner de líneas láser se puede mover de manera independiente por medio del robot de seis grados de libertad y proporciona datos de medición para determinar la distancia entre el escáner de líneas láser y un punto de un objeto de medición. Al menos un blanco está acoplado al escáner de líneas láser o a la muñeca. Según una forma de realización, el sistema de medición base comprende tres seguidores láser y un procesador. Cada seguidor láser sigue a uno de los blancos. El procesador determina la posición y la orientación del escáner de líneas láser respecto al sistema de medición.

- El documento US5.920.394 se refiere a una medidora óptica por coordenadas para medir el contorno o las dimensiones de un objeto dispuesto en una habitación. La medidora comprende una unidad central, ensamblajes de transmisores y una sonda portátil. Cada ensamblaje de transmisores está dispuesto en una ubicación fija de la habitación e incluye un primer transmisor y un segundo transmisor. La sonda incluye una base, un primer retrorreflector, un segundo reflector, una primera fuente de luz, una segunda fuente de luz y una punta. Para medir el objeto, se atraviesa el objeto con la punta. La posición de la punta se determina siguiendo la sonda por medio de los ensamblajes de transmisores, como seguidores láser.

- Por ejemplo, en la patente estadounidense del solicitante nº 4.714.339 se analiza un *Three and Five Axis Laser Tracking System* (Sistema de seguimiento láser de tres y cinco ejes) y en la patente estadounidense del solicitante nº 6.049.377 se analiza un *Five-Axis/Six-Axis Laser Measuring System* (Sistema de medición láser de cinco ejes/seis ejes). Además, para proporcionar una descripción adicional para la presente invención también se cita la solicitud estadounidense del solicitante nº 60/377.596, titulada *"Nine Dimensional Laser Tracking System and Method"* que se presentó el 6 de mayo de 2003.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCIÓN

- 50 Un aspecto de la invención proporciona un sistema de medición multidimensional que incluye una unidad de seguimiento, un blanco, un módulo de determinación de distancia y un módulo de salida. La unidad de seguimiento emite una luz láser y lleva a cabo el seguimiento usando coordenadas esféricas. El blanco está en comunicación con la unidad de seguimiento. El blanco es capaz de hacer movimientos de inclinación, oscilación y balanceo. El módulo de determinación de distancia determina una distancia entre la unidad de seguimiento y el blanco. El módulo de salida envía información de posición relativa al blanco respecto a la unidad de seguimiento en función de las coordenadas esféricas, los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo y la distancia.

Preferentemente, el sistema incluye además un dispositivo de salida que envía la información de posición relativa al

- blanco. Preferentemente, el movimiento de balanceo se basa en al menos una de una comparación entre un componente de polarización horizontal de la luz láser y un componente de polarización vertical de la luz láser. Preferentemente, el sistema incluye además un primer fotodetector que detecta el componente de polarización horizontal de la luz láser y un segundo fotodetector que detecta el componente de polarización vertical de la luz láser. Preferentemente, el sistema incluye además un circuito de determinación de balanceo que recibe una salida del primer fotodetector y una salida del segundo fotodetector. En una forma de realización alternativa, el sistema usa un nivel electrónico para medir los movimientos de balanceo del blanco.
- Preferentemente, el blanco es un blanco activo que es capaz de moverse respecto a la unidad de seguimiento.
- 10 Preferentemente, el blanco es al menos uno de incorporado en una unidad remota, acoplado de manera fija a un objeto, usado para control de realimentación, usado para calibrado, usado para control de máquinas herramienta, usado para ensamblaje de piezas, usado para ensamblaje estructural y usado para inspección dimensional. Preferentemente, la unidad remota es un robot. Preferentemente, el robot incluye un sistema de accionamiento y uno o más dispositivos de tracción que permiten que el robot se adhiera a una superficie. Preferentemente, los
- 15 dispositivos de tracción son dispositivos de tipo ventosa. Alternativamente, se puede usar un sistema de presión positiva de aire para mantener la unidad remota acoplada a la superficie de manera que se pueda mover. Preferentemente, el sistema incluye además un sistema de vacío. Preferentemente, el sistema incluye además uno o más accesorios que permiten llevar a cabo una función al menos en función de la información de posición del blanco.
- 20 Además, la invención proporciona una unidad remota asociada a un sistema de medición multidimensional. La unidad remota incluye un ensamblaje de blanco y sonda acoplado al blanco. El blanco está en comunicación con una unidad de seguimiento del sistema de medición multidimensional. El blanco es capaz de hacer movimientos de inclinación, oscilación y balanceo. El ensamblaje de sonda incluye una punta de sonda, una varilla de sonda y una
- 25 base de sonda. La punta de sonda está configurada para llegar a ubicaciones que no están en una línea de visibilidad entre la unidad de seguimiento y el blanco.
- Preferentemente, la unidad remota incluye además uno o más codificadores acoplados al ensamblaje de sonda. Preferentemente, al menos uno de los codificadores está configurado para determinar una primera posición angular de la punta de sonda respecto a la base de sonda. Preferentemente, al menos uno de los codificadores está configurado para determinar una segunda posición angular de la punta de sonda respecto a la base de sonda. Preferentemente, al menos uno de los codificadores está configurado para determinar una posición axial de la punta de sonda respecto a la base de sonda.
- 30 Preferentemente, la unidad remota incluye además un activador configurado para efectuar una o más mediciones asociadas a una ubicación que toca la punta de sonda. Alternativamente, la unidad remota puede incluir un sensor de contacto asociado a la punta de sonda. Cuando el sensor de contacto entra en contacto con la ubicación se toman una o más mediciones asociadas a una ubicación.
- 40 En otro aspecto, la invención se refiere a un blanco asociado a un sistema de medición multidimensional. El blanco incluye un retroreflector y un sensor de luz láser. El retroreflector tiene un ápice. El ápice está configurado para permitir que al menos parte de una luz de haz láser entre en el retroreflector para salir del retroreflector. El sensor de luz láser está configurado para detectar al menos la parte de la luz de haz láser que sale del retroreflector a través del ápice. Preferentemente, el blanco está configurado para estar acoplado a un sensor de medición óptica.
- 45 Preferentemente, el retroreflector es un retroreflector hueco. El retroreflector incluye una abertura en el ápice. La abertura está configurada para permitir que al menos la parte de la luz de haz láser salga del retroreflector. Preferentemente, el retroreflector incluye tres espejos que forman el ápice.
- 50 Alternativamente, el retroreflector puede ser un retroreflector macizo. El ápice del retroreflector macizo incluye una pequeña superficie plana pulida para permitir que al menos la parte de la luz de haz láser salga del reflector.
- El sensor de luz láser puede ser un fotodetector. Alternativamente, el sensor de luz láser puede ser un sensor matricial de dispositivos acoplados por carga. Preferentemente, el sensor de luz láser es capaz de funcionar para
- 55 detectar al menos uno de los movimientos de inclinación y oscilación del blanco.
- Otro aspecto de la invención proporciona un procedimiento para medir una posición de un objeto. Etapas de ejemplo del procedimiento incluyen: (1) controlar coordenadas esféricas de una unidad de seguimiento que emite luz láser; (2) controlar movimientos de inclinación, oscilación y balanceo de un blanco en comunicación con la unidad de

seguimiento; (3) determinar una distancia entre la unidad de seguimiento y el blanco y (4) enviar información de posición relativa al blanco respecto a la unidad de seguimiento en función de las coordenadas esféricas, los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo y la distancia. Cabe señalar que el procedimiento no tiene que seguir necesariamente el orden que se ha descrito anteriormente.

5

Además, el movimiento de balanceo se basa en al menos una de una comparación entre un componente de polarización horizontal de una luz láser que emite la unidad de seguimiento y un componente de polarización vertical de la luz láser. Preferentemente, un circuito de determinación de balanceo lleva a cabo la comparación entre el componente de polarización horizontal de la luz láser y el componente de polarización vertical de la luz láser.

10

En otro aspecto, la invención incluye un sistema para medir la posición de un objeto que incluye: (1) medios para controlar coordenadas esféricas de una unidad de seguimiento que emite luz láser; (2) medios para controlar movimientos de inclinación, oscilación y balanceo de un blanco en comunicación con la unidad de seguimiento; (3) medios para determinar una distancia entre la unidad de seguimiento y el blanco y (4) medios para enviar información de posición relativa al blanco respecto a la unidad de seguimiento en función de las coordenadas esféricas, los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo y la distancia.

15

Por consiguiente, según una forma de realización de ejemplo de la invención, aspectos de la invención se refieren a un sistema de medición multidimensional.

20

Un aspecto adicional de la invención se refiere a determinar movimientos de balanceo de un blanco en función de mediciones de un láser polarizado.

Adicionalmente, aspectos de la invención se refieren al diseño y uso de un blanco activo conjuntamente con una unidad de seguimiento.

25

Adicionalmente, aspectos de la invención se refieren al uso del blanco en una unidad remota acoplada a un activador o a un sensor de contacto.

Aspectos adicionales de la invención se refieren a un robot controlado a distancia que incorpora tecnología de blancos activos.

30

Aspectos adicionales de la invención se refieren a un retroreflector que se usa en un blanco de un sistema de medición multidimensional.

35

Aspectos adicionales de la invención se refieren a procedimientos para calibrar un vector de una punta de sonda.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición multidimensional de ejemplo de la invención.

40

La fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de determinación de balanceo de la invención.

La fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición de inclinación, oscilación, balanceo y distancia de ejemplo de la invención.

45

La fig. 4 es un diagrama esquemático que ilustra una unidad remota de ejemplo que incorpora un blanco de ejemplo de la invención.

50

La fig. 5 es una vista transversal esquemática de un robot controlado a distancia de ejemplo de la invención.

La fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo de toma de mediciones según la invención.

La fig. 7 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición multidimensional de ejemplo de la invención que incluye una unidad de seguimiento de ejemplo y una unidad remota de ejemplo.

55

La fig. 8 es un diagrama esquemático que ilustra otra unidad remota de ejemplo de la invención.

La fig. 9 es un diagrama esquemático que ilustra un ensamblaje de sonda de ejemplo de la invención.

La fig. 10 es un diagrama esquemático que ilustra otro ensamblaje de sonda de ejemplo de la invención.

5 La fig. 11 es un diagrama esquemático que ilustra otro ensamblaje de sonda de ejemplo de la invención.

La fig. 12 es un diagrama esquemático que ilustra una unidad remota de ejemplo de la invención.

La fig. 13 es un diagrama esquemático que ilustra una vista de frente de la unidad remota de ejemplo que se muestra en la fig. 12.

La fig. 14 es un diagrama esquemático bidimensional que muestra otra forma de realización de ejemplo de un blanco de la invención que incluye un retrorreflector.

15 La fig. 15 es un diagrama esquemático tridimensional que muestra la forma de realización de ejemplo de la fig. 14.

La fig. 16 es un retrorreflector hueco de ejemplo de la invención.

La fig. 17 es un retrorreflector macizo de ejemplo de la invención.

20

La fig. 18 es un diagrama esquemático que muestra otra forma de realización de ejemplo de una unidad remota de la invención que incluye un sensor de medición óptica.

La fig. 19 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de ejemplo para establecer el vector de una punta de sonda respecto a un origen de un blanco asociado a la punta de sonda.

25

La fig. 20 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo de establecimiento del vector de la punta de sonda que se representa en la fig. 19.

30 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Los sistemas y procedimientos de esta invención utilizan una combinación de una unidad de seguimiento y un blanco para realizar un seguimiento láser multidimensional. Por ejemplo, en un sistema de seis dimensiones (6-D) de la invención, las seis dimensiones son los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo de un blanco, y las

35 coordenadas esféricas, es decir los 2 ángulos α , θ y la distancia radial, del blanco respecto a la unidad de seguimiento. Preferentemente, el blanco es un blanco activo, que lo puede sujetar una persona, un robot u otro objeto móvil. Usando un blanco activo, las coordenadas del blanco mantienen una relación relativamente perpendicular al haz incidente originado desde la unidad de seguimiento. Adicionalmente, utilizando una técnica de medición de distancia absoluta (ADM), es posible una determinación de distancia absoluta.

40

En general, las mediciones basadas en la inclinación y la oscilación se pueden obtener de un codificador presente en el blanco. Las mediciones de balanceo se pueden basar, por ejemplo en una polarización o una técnica de nivel electrónico que se analizan más adelante. Las mediciones de distancia absoluta o ADM se pueden obtener usando, por ejemplo, impulsos por tiempo de propagación de ida y retorno (RTOF), un láser pulsado, modulación de fase/intensidad o similares. En la solicitud de patente estadounidense del solicitante n° 60/377.596 se puede encontrar una descripción adicional.

45

Específicamente, un sistema basado en RTOF incluye un fotodetector, tal como un fotodetector PIN, un amplificador láser, un diodo láser y un contador de frecuencia. Se emite un primer impulso láser al blanco. Al detectar el impulso de retorno, el detector activa el amplificador láser y hace que el diodo láser emita un segundo impulso, detectando el contador de frecuencia los impulsos. No obstante, se debe tener en cuenta que la lógica inversa funciona con el mismo resultado. La distancia (D) del blanco desde la unidad de seguimiento se puede calcular por medio de:

50

$$D = \frac{C}{4} \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{f_0} \right)$$

55

de manera que:

$$D=0; f=f_0$$

5 en la que C es la velocidad de la luz, f_0 es una frecuencia de referencia y f es la frecuencia de los impulsos.

Los sistemas y procedimientos de esta invención tienen varias aplicaciones. En general, los sistemas y procedimientos de esta invención permiten el control de múltiples grados (por ejemplo, seis grados) de libertad de un objeto. Por ejemplo, los sistemas y procedimientos de esta invención se pueden usar para ensamblaje estructural,
10 control de realimentación y alineación en tiempo real, calibrado de máquinas herramienta, control de posición de robots, seguimiento de posición, control de fresadoras, calibrado, ensamblaje de piezas, inspección dimensional o similar.

Adicionalmente, los sistemas y procedimientos de esta invención, que usan un sistema de seguimiento de 6-D, se
15 prestan al uso en las técnicas robóticas. Por ejemplo, el sistema de seguimiento láser de 6-D se puede incorporar en un robot que sea, por ejemplo, capaz de subir varios objetos de manera que, por ejemplo, se puedan tomar medias exactas de dichos objetos y/o llevar a cabo varias funciones en ubicaciones específicas del objeto.

La fig. 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición multidimensional de ejemplo de la
20 invención. El sistema de seguimiento láser 10 incluye una unidad de seguimiento 100 y un blanco 150. La unidad de seguimiento 100 emite uno o más láseres 110 que se comunican con el blanco 150 para determinar las mediciones de seis dimensiones asociadas al blanco 150. Las mediciones de seis dimensiones se producen en el dispositivo de salida 200. En particular, las seis dimensiones que se ilustran en la fig. 1 son los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo del blanco 150, las coordenadas esféricas y cartesianas, una vez convertidas, del blanco 150
25 respecto a la unidad de seguimiento 100 y la distancia radial entre el blanco 150 y la unidad de seguimiento 100.

Como se analiza en las patentes y solicitudes de patente anteriores del solicitante, que se han mencionado anteriormente, las mediciones de inclinación, oscilación y coordenadas esféricas se pueden basar en varias tecnologías. Las mediciones de inclinación y oscilación se pueden basar, por ejemplo, en uno o más codificadores
30 rotatorios. Las mediciones de distancia se pueden basar, por ejemplo, en una configuración de láser pulsado, un impulso de RTOF, una modulación de fase y/o intensidad del haz láser o similar. Los distintos sistemas pueden proporcionar una determinación de distancia absoluta del blanco 150. Preferentemente, el blanco 150 es un blanco activo. Específicamente, se puede usar una técnica de medición de distancia absoluta (ADM) para determinar una distancia inicial aproximada y, posteriormente, se puede usar una técnica basada en interferómetros para afinar la
35 medición de distancia inicial. La técnica de ADM es aconsejable ya que sin ella se deben hacer dos mediciones y llevar a cabo una triangulación inversa para calcular la distancia.

La unidad de seguimiento 100 y el blanco 150 pueden ser, por ejemplo, unidades con motor que permiten que una o
40 más partes de la unidad de seguimiento 100 y el blanco 150 mantengan una orientación perpendicular al haz láser incidente 110 emitido desde la unidad de seguimiento 100. La unidad de seguimiento 100 es la fuente de láser. Por consiguiente, mediante una combinación de motores y codificadores rotatorios que utilizan señales de posición de uno o más fotodetectores, como se analiza más adelante, el blanco 150 es capaz de permanecer perpendicular al haz láser incidente 110. Por ejemplo, mediante el uso de un soporte tipo cardan y correspondientes motores de posición, tales como motores paso a paso, servomotores y/o codificadores, el blanco 150 "sigue" la unidad de
45 seguimiento 100. En función de la relación del blanco 150 respecto al láser incidente 110, el sistema de seguimiento láser de 6-D 10 es capaz de determinar la orientación del blanco 150. Alternativamente, el blanco 150 puede ser un dispositivo pasivo, por ejemplo, un dispositivo portátil, tal como un cubo angular, respecto al que un usuario sería responsable de mantener una línea de visibilidad entre el blanco 150 y la unidad de seguimiento 100.

50 Preferentemente, la unidad de seguimiento 100 también se puede miniaturizar incorporando el sistema electrónico del interferómetro y de medición de distancia absoluta en, por ejemplo, la parte articulada de la unidad de seguimiento 100. Esto proporciona varias ventajas de ejemplo que incluyen peso reducido, tamaño reducido, minimización de las conexiones externas, mayores velocidades de seguimiento y similares.

55 El dispositivo de salida 200, conectado a uno o más de la unidad de seguimiento 100 y el blanco 150 por medio de un enlace por cable o inalámbrico 5, envía información de posición asociada al blanco 150. Por ejemplo, el dispositivo de salida 200 puede ser un ordenador, una entrada de realimentación para un dispositivo de control de posición, un visualizador, un sistema de guía o similar. En general, el dispositivo de salida 200 puede ser cualquier

dispositivo capaz de enviar la información de posición asociada al blanco 150.

Adicionalmente, se pueden usar uno o más láseres 110 para volver a comunicar a la unidad de seguimiento 100 la información de posición relativa al blanco 150. Por ejemplo, una vez determinada una distancia inicial, el láser que se usa para la medición de distancia absoluta se puede usar para comunicación de datos y el láser basado en interferómetros se puede usar para las mediciones de distancia radial. Alternativamente, se puede incorporar en el sistema 10 un láser dedicado que permitiría la comunicación continua entre el blanco 150 y la unidad de seguimiento 100.

10 La fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de determinación de balanceo de la invención. En particular, el sistema incluye una fuente de láser (no se muestra) situada en la unidad de seguimiento 100, un haz láser polarizado 210, un divisor de haz de polarización 220, un primer fotodetector 230, un segundo fotodetector 240 y un circuito de determinación de balanceo 250. El circuito de determinación de balanceo puede ser, por ejemplo, un amplificador diferencial. La fuente de láser puede ser, por ejemplo, un cabezal láser. Como se muestra en la fig. 2, el
15 divisor de haz de polarización 220, el primer fotodetector 230, el segundo fotodetector 240 y el circuito de determinación de balanceo 250 son elementos del blanco 150.

En funcionamiento, la unidad de seguimiento 100 emite el haz láser polarizado 210 que recibe el divisor de haz de polarización 220. El divisor de haz de polarización 220 divide el haz incidente 210 en dos trayectorias. Una primera
20 trayectoria se dirige hacia el primer fotodetector 230 y una segunda trayectoria del haz láser polarizado 210 se dirige hacia el segundo fotodetector 240. Cuando el haz láser polarizado 210 encuentra el divisor de haz de polarización 220, el haz láser polarizado 210 se divide en un componente de polarización horizontal 214 y en un componente de polarización vertical 213 como consecuencia de las propiedades del divisor de haz 220.

25 El componente de polarización horizontal 214 del haz 210 pasa, a través del divisor de haz de polarización 220, al fotodetector 240 que genera una señal de salida correspondiente a la intensidad del componente de polarización horizontal 214 del haz 210. Asimismo, el divisor de haz 220 dirige el componente de polarización vertical 213 del haz 210 al fotodetector 230 que también produce una señal correspondiente a la intensidad del componente de polarización vertical 213 del haz 210. Las mediciones de intensidad de los fotodetectores 230 y 240 se pueden
30 conectar a, por ejemplo, las entradas positiva y negativa, respectivamente, del circuito de determinación de balanceo 250, que proporciona una señal de salida representativa del balanceo entre la unidad de seguimiento 100 y el blanco 150. Preferentemente, el circuito de determinación de balanceo 250 es un amplificador diferencial de alta ganancia.

Como se ha analizado anteriormente, el haz láser polarizado 210 se divide en dos componentes de polarización diferentes en función de la orientación de balanceo exacta entre la unidad de seguimiento 100 y el blanco 150. En una orientación de balanceo de 45°, los fotodetectores 230 y 240 reciben la misma intensidad. No obstante, dado que el blanco 150 se balancea en cualquiera de las direcciones, uno de los detectores recibe mayor intensidad del haz láser polarizado 210 que el otro. La diferencia entre estas salidas se mide, por ejemplo, por medio del circuito de determinación de balanceo 250, para proporcionar una indicación del balanceo. Esta operación de sustracción del
40 circuito de determinación de balanceo 250 también compensa, de manera ventajosa, el ruido de fondo y parásito, tal como el que producen las fluctuaciones de la intensidad del haz y/o de la luz de fondo.

Específicamente, las variaciones de salida del haz, así como otros ruidos de señal que pueda haber, se pueden medir tanto con el fotodetector 230 como con el fotodetector 240. Dichas variaciones se pueden invalidar con el
45 funcionamiento del circuito de determinación de balanceo 250. Esto, por ejemplo, aumenta la sensibilidad y la exactitud del sistema.

La señal representativa del balanceo se puede enviar, por ejemplo, a un ordenador (no se muestra) provisto de software capaz de registrar, analizar e iniciar otra acción en función de la medición de balanceo.

50 Alternativamente, se pueden usar otras técnicas para la determinación del balanceo. Dichas técnicas incluyen, entre otras, niveles electrónicos, tales como técnicas basadas en péndulos, técnicas de tubos capilares conductores de fluido, sensores de reflexión de mercurio líquido o, en general, cualquier técnica que permita determinar el balanceo del blanco.

55 La fig. 3 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición de inclinación, oscilación, balanceo y distancia de ejemplo de la invención. En particular, componentes del sistema de seguimiento láser de 6-D 30 incluyen una fuente de láser presente en la unidad de seguimiento 100, un haz láser polarizado 310, un divisor de haz 320, un cubo angular 330, una lente concentradora 340, un fotodetector bidimensional 350, un primer

fotodetector 230, un segundo fotodetector 240, un divisor de haz de polarización 220 y un circuito de determinación de balanceo 250.

En funcionamiento, la fuente de láser de la unidad de seguimiento 100 emite el haz láser polarizado 310 que el divisor de haz 320 divide en tres trayectorias 324, 323 y 322 dirigidas hacia la lente concentradora 340, el cubo angular 330 y el divisor de haz de polarización 220, respectivamente.

La trayectoria 322 del haz 310 que refleja el divisor de haz 320 y dirigida hacia el divisor de haz polarizado 220 se usa para determinar las mediciones de balanceo, como se ha analizado anteriormente. La combinación de las mediciones del balanceo, la inclinación y la oscilación del blanco 150, junto con las coordenadas esféricas asociadas a la unidad de seguimiento 100, permiten al sistema 30 obtener el seguimiento de seis dimensiones del blanco 150.

El cubo angular 330 refleja la trayectoria 323 del haz láser polarizado 310 que pasa directamente a través del divisor de haz 320 y la envía de vuelta a la unidad de seguimiento 100. Como se analiza en las patentes relacionadas del solicitante, a las que se ha hecho referencia anteriormente, la unidad de seguimiento 100 puede determinar la distancia entre el blanco 150 y la unidad de seguimiento 100. No obstante, se debe tener en cuenta que con los sistemas y procedimientos de esta invención se puede usar, con el mismo resultado, cualquier procedimiento de determinación de una medición de distancia absoluta.

La trayectoria 324 dirigida hacia la lente concentrador 340 enfoca en el fotodetector bidimensional 350 del que se obtienen las señales de inclinación y oscilación que accionan los motores del blanco 150. En particular, dado que el blanco 150 se mueve respecto a la fuente de láser de la unidad de seguimiento 100, la trayectoria de láser 324 dirigida a través de la lente concentradora 340 se mueve respecto al fotodetector bidimensional 350. Este movimiento se puede detectar y se puede obtener una señal correspondiente representativa de la medición de inclinación y/u oscilación. Por lo tanto, como se ha analizado anteriormente, las mediciones de inclinación y/u oscilación se pueden usar para controlar uno o más motores del blanco 150 para mantener la orientación perpendicular del blanco 150 respecto a la unidad de seguimiento 100.

La fig. 14 es un diagrama esquemático bidimensional que muestra otra forma de realización de ejemplo de un blanco de la invención que incluye un retrorreflector. La fig. 15 es un diagrama esquemático tridimensional que muestra la forma de realización de ejemplo de la fig. 14.

El sistema 1400 de la invención incluye una unidad de seguimiento 100 y un blanco 1450. La unidad de seguimiento 100 es la fuente de haces láser que puede detectar el blanco 1450. El blanco 1450 incluye un retrorreflector 1420 y un sensor de luz láser 1430. El sensor de luz láser 1430 puede ser, por ejemplo, un fotodetector, tal como el fotodetector 240 que se ha descrito anteriormente, o un sensor matricial de dispositivos acoplados por carga (CCD) que se describe más adelante. Un amplificador/repetidor 1440 puede estar asociado al sensor de luz láser 1430 para amplificar señales analógicas o señales digitales que produce el sensor de luz láser 1430.

El sensor de luz láser 1430 puede detectar una luz de haz láser de la unidad de seguimiento 100 que pasa por la abertura 1422 del retrorreflector 1420. El retrorreflector 1420 puede ser un retrorreflector hueco o un retrorreflector macizo. Un ápice 1422 permite que pase al menos parte del haz láser 1410 para caer o enfocar en el sensor de luz láser 1430, que puede ser un fotodetector o un sensor matricial de CCD.

Preferentemente, el retrorreflector 1420 es un retrorreflector hueco, como se muestra en la fig. 16. El retrorreflector hueco de ejemplo 1600 que se muestra en la fig. 16 incluye tres espejos 1610, 1620 y 1630 que están posicionados perpendiculares entre sí. Una extremidad común asociada a los espejos 1610, 1620 y 1630 forma un ápice 1601 del retrorreflector hueco 1600. Preferentemente, una abertura 1602 es un orificio diminuto situado en el ápice 1601 del retrorreflector hueco 1600. La abertura 1602 permite que pase al menos parte del haz láser 1410 para caer o enfocar en el sensor de luz láser 1430, que puede ser un fotodetector o un sensor matricial de CCD.

Si se usa un retrorreflector macizo, una pequeña superficie plana próxima al ápice se puede usar para crear una vía que permita que pase al menos parte del haz láser 1410 para caer o enfocar en el sensor de luz láser 1430. Como se muestra en la fig. 17, el retrorreflector macizo 1700 incluye una superficie plana 1702 en un ápice 1701. La superficie plana 1702 funciona de manera similar a la abertura 1602 que se ha descrito anteriormente.

El retrorreflector 1420 y el sensor de luz láser 1430 están configurados para medir las orientaciones o movimientos de inclinación (véase el eje y-y de la fig. 15) y oscilación (véase el eje x-x de la fig. 15) del blanco 1450. Los vectores V_y más V_x y la distancia D dan la posición angular del haz de láser incidente 1410 respecto al blanco 1450. El blanco

1450 puede estar asociado a una unidad remota (por ejemplo, un robot 400, unidades remotas 700, 800 y 1200 que se muestran en las figs. 4, 7, 8 y 12, respectivamente).

La fig. 14 ilustra esquemáticamente cómo se puede medir un movimiento de oscilación asociado al blanco 1450.

5 Cuando el blanco 1450 no indica movimiento de inclinación, la luz de haz láser 1410 pasa por la abertura 1422 y es detectada por el sensor de luz láser 1430 en un punto de referencia u origen 1432. No obstante, como indican las trayectorias de láser 1413 y 1415, cualquier movimiento de oscilación del blanco 1450 tendría como consecuencia que el sensor de luz láser 1430 detectara la luz de haz láser 1410 en ubicaciones distintas al punto de referencia 1432, por ejemplo, en los puntos 1433 y 1435 para las trayectorias 1413 y 1415 de la luz de haz láser 1410, respectivamente. Cabe señalar que los puntos 1433, 1432 y 1435 estarían a lo largo del eje x-x que se muestra en la fig. 15. Preferentemente, el retrorreflector 1420 y el sensor de luz láser 1430 están configurados para detectar un gran intervalo de movimientos de oscilación. Por ejemplo, el retrorreflector 1420 y el sensor de luz láser 1430 pueden medir movimiento de oscilación de hasta al menos, aproximadamente, 30 grados, dependiendo del tamaño y de otros factores.

15 Asimismo, el movimiento de inclinación del blanco 1450 se puede detectar y medir usando el retrorreflector 1420 y el sensor de luz láser 1430. En un movimiento de inclinación cero, la luz de haz láser 1410 pasa por la abertura 1422 y es detectada por el sensor de luz láser 1430 en el punto de referencia 1432. Si hay un movimiento de inclinación, una parte diferente del sensor de luz láser 1430, por encima o por debajo del punto de referencia 1432 en una dirección perpendicular a la página, detectaría la luz de haz láser. Cabe señalar que estos puntos estarían a lo largo del eje y-y que se muestra en la fig. 15.

Como se ha analizado anteriormente, el sensor de luz láser 1430 puede ser un fotodetector. En una forma de realización diferente de la invención, como sensor de luz láser 1430 se puede usar un sensor matricial de CCD. 25 Como se conoce en la técnica, un sensor matricial de CCD puede incluir múltiples píxeles dispuestos en una matriz. Preferentemente, un sensor matricial de CCD según la invención incluye aproximadamente 1.000 por 1.000 píxeles. También se puede usar una cantidad mayor o menor de píxeles. La salida digital del sensor matricial de CCD se puede procesar con un repetidor correspondiente 1440. El sensor matricial de CCD se usa para detectar uno o ambos movimientos de oscilación e inclinación del blanco 1450. En la técnica se conoce el uso del sensor matricial de CCD para detección de luz, por ejemplo, en cámaras digitales. Por lo tanto, en este caso no se considera justificada una descripción adicional. 30

La inclusión del retrorreflector 1420 y del sensor de luz láser 1430 en el blanco 1450, según se ha descrito anteriormente, proporciona varias ventajas. Por ejemplo, una unidad remota (por ejemplo, una de las unidades remotas 700, 800 y 1200) asociada al retrorreflector 1420 puede ser más funcional en una orientación invertida, que de otro modo no es posible. Además, el uso del reflector 1420 permite que un blanco y/o una unidad remota de la invención tengan un tamaño más pequeño y/o un peso más ligero. 35

La fig. 4 ilustra una unidad remota de ejemplo de la invención. Un robot 400 incluye una pluralidad de dispositivos de tipo ventosa 410, un mecanismo de accionamiento 420, un controlador 430, un accesorio 440, un dispositivo de succión 450 y un blanco. El blanco puede ser, por ejemplo, uno del blanco 150 y el blanco 1450. El robot 400 también incluye otros componentes diferentes, tales como una fuente de alimentación, una batería, paneles solares o similares que se han omitido a efectos de claridad y que resultarían fácilmente evidentes para los expertos en la materia. 40

45 En funcionamiento, la combinación del blanco 150 conjuntamente con el robot 400 permite, por ejemplo, el movimiento exacto y el seguimiento de posición del robot 400. Si bien más adelante se describe un blanco activo robótico específico, se debe tener en cuenta que, en general, el blanco puede estar acoplado de manera fija a cualquier objeto que permita controlar hasta seis grados de libertad del objeto, o alternativamente, el blanco puede estar acoplado a un dispositivo móvil y se puede controlar la posición de ese dispositivo. 50

Los dispositivos de tipo ventosa 410 están conectados al dispositivo de succión 450, por ejemplo, por medio de tubos flexibles (no se muestran) que permiten al robot 400 permanecer sujeto a una superficie. Por ejemplo, el controlador 430, conjuntamente con el dispositivo de succión 450 y los dispositivos de tipo ventosa 410, puede cooperar con los sistemas de accionamiento 420 de manera que el robot 400 puede recorrer una superficie. Por ejemplo, los dispositivos de tipo ventosa 410 y el mecanismo de accionamiento 420 pueden cooperar de manera que se aplique suficiente succión a los dispositivos de tipo ventosa 410 para mantener el robot 400 sujeto a una superficie, mientras se sigue permitiendo que el mecanismo de accionamiento 420 mueva el robot 400 por la superficie. Por ejemplo, el mecanismo de accionamiento 420 puede incluir cuatro ruedas y componentes de 55

accionamiento y suspensión asociados (no se muestran). Las ruedas permiten que el robot 400 recorra una superficie mientras se mantiene la orientación de rotación del robot 400 respecto a la unidad de seguimiento 100. No obstante, en general, si bien es más sencillo accionar el robot 400 de manera que la orientación de rotación permanezca constante respecto a la unidad de seguimiento 100, el sistema se puede modificar conjuntamente con el uso del láser polarizado para acabar con cualquier movimiento de rotación que se pueda producir. Específicamente, por ejemplo, el movimiento de rotación del robot 400 se puede "retirar" algorítmicamente de las mediciones de orientación en función del láser polarizado para acabar con cualquier rotación del robot 400.

Además, se debería tener en cuenta que si bien el robot 400 incluye un dispositivo de succión 450 y dispositivos de tipo ventosa 410, cualquier dispositivo o combinación de dispositivos capaces de fijar el robot 400 a una superficie, de manera que se pueda mover, funcionaría igualmente bien con los sistemas y procedimientos de la invención. Por ejemplo, se puede usar un sistema de presión positiva de aire para hacer que el robot 400 esté fijado a una superficie de manera que se pueda mover. Por ejemplo, el sistema de presión positiva de aire puede incluir una unidad de ventilador que expulsa aire hacia abajo cuando el robot 400 pasa por debajo, en lugar de por encima, de la superficie. El movimiento de aire descendente mantiene al robot 400 fijado por debajo de la superficie de manera que se puede mover. Adicionalmente, dependiendo del tipo de superficie se podría utilizar un sistema de acoplamiento de tipo magnético, gravitacional, resistivo o similar.

El controlador 430, que, por ejemplo, puede estar en comunicación por cable o inalámbrica con un controlador remoto (no se muestra), permite la conducción del robot 400 en cooperación con el mecanismo de accionamiento 420. Por ejemplo, el mecanismo de accionamiento 420 puede incluir una pluralidad de motores eléctricos conectados a ruedas de accionamiento o similares.

El accesorio 440 puede ser, por ejemplo, un dispositivo de marcado, una herramienta, tal como un taladro, un acoplamiento para pintar, un dispositivo de soldadura o corte o cualquier otro dispositivo conocido, o que se desarrolle en el futuro, que necesite una colocación exacta sobre una superficie. El accesorio se puede activar, por ejemplo, a distancia en cooperación con el controlador 430. Además, el accesorio 440 puede incluir un sistema de vacío.

Dado que el accesorio 440 está situado a una distancia conocida del blanco 150, siempre se conoce la posición exacta del accesorio 440. Por consiguiente, un usuario puede posicionar el accesorio 440 en una ubicación exacta de manera que el accesorio 440 pueda llevar a cabo una acción en esa ubicación. Por ejemplo, se puede acoplar al extremo del blanco 150 un sensor local de efectos como una cámara de cinta, un sensor de patrones de franjas de Moiré o una sonda de contacto. La unidad de seguimiento 110 combinada con el blanco 150 puede proporcionar la orientación del sensor local en una relación espacial con la parte que se va a medir mientras el sensor local mide los contornos de una parte, tal como una carrocería de coche, un edificio, una parte de un área con riesgos ambientales o similar.

La fig. 5 ilustra una vista transversal esquemática de ejemplo del robot 400. En esta ilustración, se muestra que el robot 400 incluye un dispositivo móvil de determinación de distancia 540. Además de posicionar los sensores asociados al blanco 150, el dispositivo móvil de determinación de distancia 540 se extiende desde la base del robot 400 hasta una superficie 510. El dispositivo de determinación de distancia 540 mide la distancia exacta entre el blanco 150 y la superficie 510 de manera que siempre se conoce la situación exacta de la superficie 510 respecto al blanco 150.

Como se ilustra en la fig. 5, los dispositivos de tipo ventosa 410 están situados a una distancia fija por encima de la superficie 510 por medio de separadores 530. Por ejemplo, los separadores 530 pueden ser un cojinete u otro dispositivo comparable que permita a los dispositivos de tipo ventosa 410 permanecer a una distancia fija por encima de la superficie 510 mientras siguen permitiendo que el aire 520 cree una succión entre el robot 400 y la superficie 510.

Dada la movilidad del robot 400, es previsible que el robot 400 no siempre pueda estar en comunicación con la unidad de seguimiento 100. En caso de que el robot 400 pierda la línea de visibilidad con la unidad de seguimiento 100, el sistema de seguimiento láser de 6-D puede pasar a un modo de obtención de blanco.

En el modo de obtención de blanco, un usuario puede, por ejemplo, con un mando, visar la unidad de seguimiento 100, por lo general, próxima al robot 400. La unidad de seguimiento 100 comienza entonces un procedimiento de obtención de blanco en el que la unidad de seguimiento 100 inicia un patrón de tipo espiral que hace espirales hacia fuera para localizar el blanco 150. Una vez obtenido el blanco 150, se establece la comunicación entre la unidad de

seguimiento 100 y el blanco 150 y se pueden volver a conseguir las mediciones de seis dimensiones.

Alternativamente, por ejemplo, el blanco 150 puede mantener comunicación con la unidad de seguimiento 100 a través de, por ejemplo, un enlace de radiocomunicación u otro sistema conocido, o que se desarrolle en el futuro, que permita a la unidad de seguimiento 100 seguir la posición relativa del blanco 150, independientemente de si hay línea de visibilidad. Por consiguiente, cuando se restablece la línea de visibilidad, como se ha analizado anteriormente, se pueden conseguir las mediciones de seis dimensiones.

La fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo de toma de mediciones según la invención. En particular, el control se inicia en la etapa S110 en la que se establece la comunicación entre una unidad de seguimiento (por ejemplo, unidad de seguimiento 100) y un blanco (por ejemplo, blanco 150). Por ejemplo, para un sistema basado en interferómetros, el blanco se puede colocar en una posición conocida tanto para establecer comunicación con la unidad de seguimiento como para inicializar el sistema. Para un sistema de medición de distancia absoluta, el blanco se coloca en comunicación con el láser y se obtiene una distancia radial aproximada (R).

A continuación, en la etapa S120, el blanco se coloca en un primer punto que se va a medir.

Posteriormente, en la etapa S130, se mide la inclinación, la oscilación, el balanceo y las coordenadas esféricas.

En la etapa S140, las coordenadas esféricas se convierten a coordenadas cartesianas (x, y, z), en las que x es la posición horizontal, y es la posición de vaivén y z es la posición de subida/bajada del blanco.

Posteriormente, en la etapa S150, se envían las mediciones de posición.

El control continúa hasta la etapa S160 en la que se determina si se deberían medir otros puntos. En caso afirmativo, el proceso pasa a la etapa S170, si no, termina el proceso.

En la etapa S170, el blanco se mueve a un nuevo punto que se va a medir. En una forma de realización en la que el blanco está acoplado a una unidad remota, tal como un robot, se dan órdenes al robot para que se mueva al nuevo punto. El proceso vuelve entonces a la etapa S130.

Puede haber casos en los que, por ejemplo, el punto que se va a medir no esté en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento o, alternativamente, por ejemplo, el blanco no pueda acceder al punto que se va a medir. Las figs. 7 a 13 ilustran formas de realización de ejemplo en las que un ensamblaje de sonda está asociado al blanco de una unidad remota para tomar mediciones en puntos a los que, de lo contrario, no podría acceder el blanco.

La fig. 7 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de medición multidimensional de ejemplo de la invención que incluye una unidad de seguimiento de ejemplo y una unidad remota de ejemplo. El sistema de medición multidimensional 70 incluye una unidad de seguimiento 100 y una unidad remota 700. La unidad remota 700 incluye un blanco 150, un ensamblaje de sonda 600. El ensamblaje de sonda 600 incluye una varilla de sonda 610, una punta de sonda 620 y una base de sonda 730. La unidad remota 700 está configurada para obtener información de posición de un punto o ubicación que puede tocar la punta de sonda 620, pero que no está en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento 100.

En esta forma de realización, como se ha descrito anteriormente, el blanco 150 puede hacer movimientos de inclinación, oscilación y balanceo alrededor de un origen 760, cuya posición se puede determinar porque está en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento 100. La sonda 620 está configurada para tocar o entrar en contacto con un punto o ubicación que no está en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento. La punta de sonda 620 está conectada a la base de sonda 730 por medio de la varilla de sonda 610. En una forma de realización, la base de sonda 730 es fija o inmóvil respecto al blanco 150. En dicha forma de realización, la base de sonda 730 propiamente dicha no puede hacer movimientos de inclinación, oscilación o balanceo. No obstante, la punta de sonda 620 se puede mover pivotando alrededor de la base de sonda 730 en un círculo 605, que forma una nube de puntos circular perpendicular a la página. Por lo tanto, además de las seis dimensiones, que se han descrito anteriormente, asociadas al blanco 150, el movimiento de la punta de sonda 620 añade la séptima dimensión, lo que hace del sistema 70 un sistema de siete dimensiones.

Un punto o ubicación que no está en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento 100, pero que la punta de sonda 620 puede tocar, se determina como sigue.

En primer lugar, la varilla de sonda 610 se bloquea respecto a la base de sonda 730. La varilla de sonda 610 se puede bloquear usando distintos procedimientos. Por ejemplo, la varilla de sonda 610 se puede bloquear con el uso de una palomilla y dientes de fijación asociados 640.

5 En segundo lugar, el blanco 150 se acerca más al alojamiento 750 y la sonda 620 entra en contacto con el centro 752 del alojamiento 750. El centro 752 del alojamiento 750 es una posición conocida. Por ejemplo, la posición (x, y, z) del centro 752 respecto a la unidad de seguimiento 100 se puede determinar usando un sistema y procedimiento que se muestran en las figs. 19 y 20, que se describen más adelante. Dado que la unidad de seguimiento 100 puede medir directamente el origen 760 y el centro 752 del alojamiento 750 tiene una posición conocida, se establece el
10 vector de la punta de punto 620 respecto al origen 760.

En tercer lugar, el blanco 150 se mueve para medir un punto o ubicación que la punta de sonda 620 puede tocar. Usando software informático u otros procedimientos conocidos, se puede calcular la información de posición asociada al punto o ubicación que toca la punta de sonda 620 en función de la información de posición del origen
15 760 y el vector del punto 620 respecto al origen 760.

En lugar de usar el alojamiento 750 para determinar el vector del punto 620 respecto al origen, se pueden usar uno o más codificadores acoplados a la base de sonda 730.

20 La fig. 8 es un diagrama esquemático que ilustra otra unidad remota de ejemplo de la invención. La unidad remota 800, que se muestra en la fig. 8, incluye un ensamblaje de sonda 600 que está configurado para moverse a lo largo de dos ejes, que hace de la unidad remota 800, cuando se usa con la unidad de seguimiento 100, un sistema de medición de ocho dimensiones. Según esta forma de realización de ejemplo, además del blanco 150, el ensamblaje de sonda 600, la unidad remota 800 incluye además codificadores 720 y 740. Opcionalmente, la unidad remota 800
25 incluye además un ensamblaje de asidero 700 (que incluye un activador 710).

En esta forma de realización de ejemplo, el codificador 720 mide los movimientos de oscilación de la base de sonda 730 y el codificador 740 mide los movimientos de inclinación de la base de sonda 730. Por consiguiente, en esta forma de realización, la punta de sonda 620 se puede mover alrededor de la base de sonda 730 para establecer una
30 nube de puntos esférica alrededor de la base de sonda 730. Usando las mediciones que toman los codificadores 720 y 740 se puede establecer el vector de la punta de sonda 620 respecto al origen 760.

Para medir un punto o ubicación que puede tocar la punta de sonda 620 se pueden usar las siguientes etapas.

35 En primer lugar, el blanco 150 se acerca al punto o ubicación y la punta de sonda 620 se mueve alrededor de la base de sonda 730 de manera que la punta de sonda pueda entrar en contacto con el punto o ubicación. En segundo lugar, dado que el origen 760 está en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento 100, se pueden obtener las seis dimensiones asociadas al blanco 150, como se ha descrito anteriormente. En tercer lugar, usando la información que obtienen los codificadores 720 y 740, que establece el vector de la punta de sonda 620 respecto al
40 origen 760, se puede obtener información de posición asociada al punto o ubicación. Preferentemente, la segunda y la tercera etapa se pueden llevar a cabo en una sola etapa apretando el activador 710.

La fig. 9 es un diagrama esquemático que ilustra un ensamblaje de sonda de ejemplo de la invención. La nube de puntos de ejemplo 607, si se proyecta en tres dimensiones respecto a la base de sonda 730, representa la distancia
45 d de la punta de sonda 620 desde un origen, tal como la base de sonda 730.

La fig. 10 es un diagrama esquemático que ilustra otro ensamblaje de sonda de ejemplo de la invención. En esta forma de realización, la varilla de sonda 610 tiene una configuración en forma de "L" en lugar de una configuración recta en forma de "I". No obstante, en general, la varilla de sonda 610 puede tener cualquier forma y el usuario sólo
50 necesita unir el alojamiento 750 de manera que la punta de sonda 620 se puede alojar en el alojamiento 750 durante la inicialización para crear la nube de puntos. Como se representa en la fig. 10, la varilla de sonda en forma de "L" 610 permite a la punta de sonda 620 tocar una superficie inferior de un objeto, tal como una superficie inferior 1052 de un objeto 1050.

55 La fig. 11 es un diagrama esquemático que ilustra otro ensamblaje de sonda de ejemplo de la invención. El ensamblaje de sonda 1100 y la unidad de seguimiento 100 constituyen una versión de nueve dimensiones de un sistema de seguimiento de ejemplo según esta invención. En particular, además de los movimientos de la varilla de sonda 610 que se ilustran en las figs. 7 y 8, la varilla de sonda 610 de la fig. 11 es capaz de extenderse en una dirección longitudinal, es decir, desplegarse, de manera que se puede variar la distancia d. Con ayuda del

codificador 1000 que puede ser, por ejemplo, un codificador de escala de vidrio, un codificador de escala lineal, un codificador de escala magnética o similar, se puede determinar la longitud de la varilla de sonda 610.

- En funcionamiento, un usuario puede ajustar la longitud u orientaciones de la varilla de sonda 610 y llevar a cabo la inicialización, permaneciendo la longitud de la varilla de sonda 610 estática durante las mediciones o, además de las etapas que se han enumerado anteriormente, también puede variar la longitud de la varilla de sonda 610 durante la inicialización para crear una nube de puntos casi maciza (no se muestra) que representa la distancia d de la punta de sonda 620 desde un origen respecto al movimiento de rotación de la base de sonda 730, la longitud de extensión de la varilla de sonda 610 y el movimiento de rotación de la punta de sonda 620 alrededor de la base de sonda 730.
- 10 Las distintas lecturas de los codificadores 720, 740 y 1000 se pueden guardar para su uso en la determinación de la posición real durante el procedimiento de medición.

- Por lo tanto, en uso, el usuario puede variar, según corresponda, una o más longitudes de sonda, por ejemplo, la distancia d (medida por medio del codificador 1000), la rotación de la sonda en la dirección de oscilación (medida por medio del codificador rotatorio 720) y la rotación de la sonda en la dirección de inclinación (medida por medio del codificar 740) para permitir que la punta de sonda 620 esté colocada sobre el objeto que se va a medir. Además, si bien la punta de sonda 620 que se ilustra en esta invención es una esfera, se debe tener en cuenta que la punta puede tener cualquier forma, tal como un punto, campana o rodamiento que permita que la punta de sonda 620 se mueva por un objeto o similar. Por ejemplo, como se ha analizado anteriormente, una medición se puede tomar de manera instantánea usando el activador 710 (véase la fig. 8) o de manera continua, por ejemplo, mientras la punta de sonda 620 recorre un objeto.

- Las figs. 12 y 13 son diagramas esquemáticos que ilustran distintas vistas de una unidad remota de ejemplo de la invención. La unidad remota 1200 incluye el blanco 150 que se ha descrito anteriormente. El blanco 150 incluye un divisor de haz 1240 y una pluralidad de fotodetectores 1250. La unidad remota 1200 incluye además un ensamblaje de sonda ajustable 1210, un nivel electrónico 1220 y un asidero 1230. El ensamblaje de sonda 1210 incluye una punta de sonda 1260.

- El funcionamiento de la unidad remota 1200 conlleva que un usuario mantenga una orientación entre la unidad remota 1200 y una unidad de seguimiento (por ejemplo, la unidad de seguimiento 100 que se muestra en la fig. 1). Las mediciones con la unidad remota 1200 se pueden realizar de manera similar a la que se ha analizado en relación con las unidades remotas 700 y 800 anteriores. Específicamente, se lleva a cabo una inicialización para determinar la posición de la punta de sonda 1260 respecto a la unidad remota 1200. La inicialización puede tener lugar tras fijar el ensamblaje de sonda 1210 en una posición fija o, alternativamente, moviendo el ensamblaje de sonda 1210 por una pluralidad de posiciones y, por ejemplo, creando una nube de puntos como se ha analizado anteriormente. Alternativamente, la punta de sonda 1260 se puede colocar en varias posiciones sobre un objeto conocido, tal como una esfera, y realizar la inicialización.

- Cuando se va a tomar una medición asociada a una ubicación que toca la punta de sonda 1260, se aprieta un activador asociado al asidero 1230. Alternativamente, la punta de sonda 1260 se puede configurar para que sea sensible al contacto. Por ejemplo, en una implantación de ejemplo de la invención, la punta de sonda 1260 está asociada a un sensor de contacto. En la implantación de ejemplo, la unidad remota 1200 toma una medición siempre que la punta de sonda 1260 entra en contacto con la ubicación. En este contexto, el contacto es un contacto físico.

- 45 En otras implantaciones, el contacto se puede efectuar cuando la punta de sonda 1260 está lo suficientemente cerca de la ubicación. Dicho contacto no físico se puede realizar usando, por ejemplo dispositivos magnéticos o de infrarrojos que están asociados a la punta de sonda 1260.

- La unidad remota 1200 puede determinar el balanceo en función de, por ejemplo, una técnica de nivel electrónico o, por ejemplo, usando la técnica de amplificador diferencial que se ha analizado anteriormente. La técnica de nivel electrónico se puede implantar usando un nivel electrónico 1220.

- La fig. 18 es un diagrama esquemático que muestra otra forma de realización de ejemplo de una unidad remota de la invención que incluye un sensor de medición óptica. La unidad remota 1800 incluye un sensor de medición óptica 1830. El sensor de medición óptica 1830 se puede usar para medir un área o una geometría de superficie. Preferentemente, el sensor de medición óptica 1830 está situado cerca de una parte inferior de la unidad remota 1800, como se muestra en la fig. 18. No obstante, el sensor de medición óptica 1830 puede estar, si no, asociado a la unidad remota 1800, incluyendo cerca de una parte superior o una parte lateral de la unidad remota 1800.

La fig. 19 es un diagrama esquemático que muestra un sistema de ejemplo para establecer el vector de una punta de sonda respecto a un origen de un blanco asociado a la punta de sonda. El sistema 1900 incluye una unidad remota 700 con un origen 760 y una punta de sonda 620 como se ha descrito anteriormente. La punta de sonda 620 puede ser, por ejemplo, una esfera de rubí. El sistema 1900 incluye además un disco magnético 1910, un

5 retroreflector de montaje esférico (SMR) 1920 y una o ambas unidades ficticias 1930 y 1940. El disco magnético 1910 incluye una pluralidad de soportes 1912, 1914 y 1916. El disco magnético 1910 incluye además un imán 1918. Los soportes 1912, 1914 y 1916 están configurados para soportar uno del SMR 1920, la unidad ficticia semiesférica 1930 y la unidad ficticia esférica 1940. Preferentemente, cada uno de los SMR 1920 y las unidades ficticias 1930, 1940 son de acero inoxidable magnético de manera que el imán 1918 del disco magnético

10 1910 puede sujetarlos en los soportes 1912, 1914 y 1916. Preferentemente, el imán 1918 está dispuesto en una ubicación entre los soportes 1912, 1914 y 1916.

El SMR 1920 incluye un retroreflector 1924 que está alojado dentro del cuerpo 1926 del SMR 1920. El retroreflector 1924 puede ser un retroreflector hueco (por ejemplo similar al retroreflector hueco 1600) o un

15 retroreflector macizo (por ejemplo, similar al retroreflector macizo 1700). Preferentemente, el cuerpo 1926 es de acero inoxidable magnético. El SMR 1920 puede tener varios diámetros. Normalmente los diámetros del SMR 1920 son 1,27 cm (0,50 pulgadas), 1,90 cm (0,75 pulgadas), 2,54 cm (1,0 pulgada), etc. El retroreflector 1924 incluye un ápice 1922. Preferentemente, el SMR 1920 está configurado para que el ápice 1922 esté situado en el centro del SMR 1920.

20 La unidad ficticia semiesférica 1930 incluye un cuerpo 1936 y un centro 1932. La unidad ficticia semiesférica 1930 tiene un diámetro que es igual al diámetro del SMR 1920, de manera que la posición del centro 1932 coincide con la posición del ápice 1922. Preferentemente, el cuerpo 1936 es de acero inoxidable magnético.

25 La unidad ficticia esférica 1940 incluye un cuerpo 1946 y un centro 1942. La unidad ficticia esférica 1940 tiene un diámetro que es igual al diámetro del SMR 1920, de manera que la posición del centro 1942 coincide con la posición del ápice 1922. Preferentemente, el cuerpo 1946 es de acero inoxidable magnético.

La fig. 20 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo de establecimiento del vector de la punta de sonda que se representa en la fig. 19.

30

En la etapa S210, se fija el disco magnético 1910 a una ubicación, por ejemplo, la ubicación de alojamiento 750 que se muestra en la fig. 7. Preferentemente, el disco magnético 1910 se sujeta a la ubicación de manera que la colocación o retirada del SMR 1920 o las unidades ficticias 1930, 1940 no movería el disco magnético 1910.

35 En la etapa S220, se coloca el SMR 1920 sobre el disco magnético 1910. Preferentemente, el SMR 1920 se sujeta al disco magnético 1910 por medio del imán 1918 sobre los soportes 1912, 1914 y 1916.

En la etapa S230, se puede obtener información de posición del ápice 1922 por medio de una unidad de seguimiento, por ejemplo, la unidad de seguimiento 100 que se muestra en la fig. 7. De este modo, en un sistema de medición tridimensional convencional, el SMR 1920 hace las veces de blanco.

40

En la etapa S240, el SMR 1920 se sustituye por una de las unidades ficticias 1930 y 1940 en el disco magnético 1910. Por ejemplo, se extrae el SMR 1920 y se coloca una de las unidades ficticias 1930 y 1940 en el disco

45 magnético 1910, sujeta por medio del imán 1918 en los soportes 1912, 1914 y 1916.

En la etapa S250, se hace que la punta de sonda 620 toque la unidad ficticia para establecer, en la etapa S260, la información de posición del centro de la unidad ficticia.

50 Si se usa la unidad ficticia semiesférica 1930, la punta de sonda 620 toca el centro 1932 de la unidad ficticia semiesférica 1930. Dado que el diámetro de la unidad ficticia semiesférica 1930 es igual al diámetro del SMR 1920, la posición del centro 1932 coincide con la posición del ápice 1922, que se obtuvo en la etapa S230.

En la etapa S260, se establece el vector de la punta de sonda 620 respecto al origen 760 de la unidad remota 700. Esto se puede hacer porque, como se ha explicado anteriormente, el origen 760 está en la línea de visibilidad de la unidad de seguimiento 100 y la punta de sonda 620 toca una ubicación conocida que es el centro 1932, la posición establecida en la etapa S230 por medio del ápice 1922.

55

Si en la etapa S240 se usa la unidad ficticia esférica 1940, la punta de sonda 620 no puede tocar el centro 1940

directamente. No obstante, en la etapa S250, se puede establecer la posición del centro 1940 tocando la punta de sonda 620 cuatro o más puntos del cuerpo 1946. Dado que el diámetro de la unidad ficticia esférica 1940 es igual al diámetro del SMR 1920, la posición del centro 1942 coincide con la posición del ápice 1922 que se obtuvo en la etapa S230. Por lo tanto, en la etapa S260, se puede establecer el vector de la punta de sonda 620 respecto al origen 760.

En la etapa S270, la punta de sonda 620 se puede usar para tomar mediciones en varios puntos y ubicaciones.

Como se ilustra en las figuras y se ha descrito anteriormente, los sistemas multidimensionales de la invención se pueden implantar en un único ordenador universal programado o en un ordenador universal programado independiente y componentes de motor y codificador rotatorio de generación y detección por láser asociados. No obstante, varias partes del sistema de seguimiento láser multidimensional también se pueden implantar en un ordenador para uso específico, un elemento programado de circuito periférico integrado y microcontrolador o microprocesador, un ASIC u otro circuito integrado, un procesador de señales digitales, un circuito electrónico o lógico cableado, un circuito de componentes discretos, un dispositivo de lógica programable, tal como un PLD, PLA, FPGA, PAL o similar. En general, para implantar el sistema de seguimiento láser multidimensional según esta invención, se puede usar cualquier dispositivo capaz de implantar una máquina de estado que, a su vez, sea capaz de implantar las técnicas de medición que se han analizado en esta invención y que se ilustran en los dibujos.

Además, los procedimientos que se han descrito se pueden implantar fácilmente en software usando entornos de desarrollo de software orientado a objetos u objeto que proporcione un código fuente portátil que se pueda usar en una serie de ordenadores o plataformas de hardware de estaciones de trabajo. Alternativamente, el sistema de seguimiento láser multidimensional que se ha descrito se puede implementar parcial o totalmente en hardware usando circuitos de lógica estándar o diseño VLSI. Si se usa software o hardware para implantar los sistemas según la invención depende de los requisitos de velocidad y/o rendimiento del sistema, la función específica y los sistemas específicos de software y/o hardware o sistemas de microprocesadores o microordenadores que se utilicen. No obstante, gracias a la descripción funcional que se proporciona en esta invención y con un conocimiento general básico de las técnicas informáticas y de óptica, los expertos en la materia aplicable pueden implantar fácilmente el sistema de seguimiento láser multidimensional y los procedimientos que se ilustran en esta invención en hardware y/o software usando dispositivos y/o software, estructuras o sistemas conocidos o que se desarrollen en el futuro.

Además, los procedimientos que se describen se pueden implantar fácilmente como software ejecutado en un ordenador universal programado, un ordenador para uso específico, un microprocesador o similar. En estos casos, los procedimientos y sistemas de esta invención se pueden implantar en un programa grabado en un ordenador personal tal como un Java®, o CGI script, como un recurso que reside en un servidor o estación de trabajo de gráficos, como una rutina grabada en un sistema de seguimiento láser multidimensional dedicado o similar. El sistema de seguimiento láser multidimensional también se puede implantar incorporando físicamente el sistema y procedimiento en un sistema de software y/o hardware, tal como los sistemas de hardware y software de un sistema de seguimiento láser multidimensional.

Por lo tanto, es obvio que se han proporcionado, según la presente invención, sistemas y procedimientos para seguimiento láser multidimensional. Si bien esta invención se ha descrito conjuntamente con una serie de formas de realización de ejemplo, es evidente que muchas alternativas, modificaciones y variaciones serían o son obvias para los expertos en las materias aplicables. Por consiguiente, la invención pretende abarcar todas las alternativas, modificaciones, equivalentes y variaciones que estén dentro del alcance de esta invención.

La descripción anterior de las formas de realización preferentes de la presente invención se ha presentado a efectos de ilustración y descripción. No pretende ser exhaustiva ni limitar la invención a las formas específicas que se describen. En vista de la descripción anterior, muchas variaciones y modificaciones de las formas de realización que se describen en esta invención serán evidentes para un experto en la materia. El alcance de la invención se definirá únicamente con las reivindicaciones adjuntas al presente documento y con sus equivalentes.

Además, al describir las formas de realización representativas de la presente invención, en la memoria descriptiva el procedimiento y/o proceso de la presente invención se puede haber presentado como una secuencia específica de las etapas. No obstante, en la medida en que el procedimiento o proceso no se base en el orden específico de las etapas que se expone en esta invención, el procedimiento o proceso no se debería limitar a la secuencia específica de las etapas que se describe. Como entendería un experto en la materia, son posibles otras secuencias de las etapas. Por consiguiente, el orden específico de las etapas que se expone en la memoria descriptiva no se debería interpretar como limitaciones de las reivindicaciones. Además, las reivindicaciones dirigidas al procedimiento y/o proceso de la presente invención no se deberían limitar a la ejecución de sus etapas en el orden en que está escrito y un experto en la materia puede entender fácilmente que las secuencias se pueden variar y seguir estando dentro

del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de medición multidimensional que comprende:
 - 5 una unidad de seguimiento (100) que emite luz láser (110, 210, 310, 1410) y lleva a cabo un seguimiento usando coordenadas esféricas;
un blanco (150, 1450) en comunicación con la unidad de seguimiento (100), siendo el blanco (150, 1450) capaz de hacer movimientos de inclinación, oscilación y balanceo;
 - 10 un módulo de determinación de distancia que determina una distancia entre la unidad de seguimiento (100) y el blanco (150, 1450);
un módulo de salida (200) que envía información de posición relativa al blanco (150, 1450) respecto a la unidad de seguimiento (100) en función de las coordenadas esféricas, los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo y la distancia y
 - 20 una unidad remota (700, 800, 1200) está asociada al sistema de medición multidimensional, comprendiendo la unidad remota el blanco (150, 1450) y un ensamblaje de sonda (600, 1100, 1210) acoplado al blanco (150, 1450), el ensamblaje de sonda (600, 1100, 1210) comprende una punta de sonda (620, 1260), una varilla de sonda (610) y una base de sonda (730), en el que la punta de sonda (620, 1260) está configurada para llegar a ubicaciones que no están en una línea de visibilidad entre la unidad de seguimiento (100) y el blanco (150, 1450),
caracterizado porque la determinación del movimiento de balanceo se basa en al menos una de una comparación
25 entre un componente de polarización horizontal (214) de la luz láser (210, 310) y un componente de polarización vertical (213) de la luz láser (210, 310).
2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un primer fotodetector (240) que detecta el componente de polarización horizontal (214) de la luz láser (210, 310) y un segundo fotodetector (230) que detecta
30 el componente de polarización vertical (213) de la luz láser (210, 310).
3. El sistema de la reivindicación 2, que comprende además un circuito de determinación de balanceo (250) que recibe una salida del primer fotodetector (240) y una salida del segundo fotodetector (230).
- 35 4. El sistema de la reivindicación 1, que comprende un nivel electrónico configurado para medir movimientos de balanceo asociados al blanco (150, 1450).
5. El sistema de la reivindicación 1, en el que el blanco es un blanco activo que es capaz de moverse respecto a la unidad de seguimiento (700, 800, 1200).
- 40 6. El sistema de la reivindicación 5, en el que el blanco es al menos uno de incorporado en la unidad remota (700, 800, 1200), acoplado de manera fija a un objeto, usado para control de realimentación, usado para calibrado, usado para control de máquinas herramienta, usado para ensamblaje de piezas, usado para ensamblaje estructural y usado para inspección dimensional.
- 45 7. El sistema de la reivindicación 6, en el que la unidad remota (700, 800, 1200) es un robot (400) que tiene un sistema de accionamiento (420) y uno o más dispositivos de tracción que permiten que el robot (400) se adhiera a una superficie.
- 50 8. El sistema de la reivindicación 6, que comprende además un sistema de vacío.
9. El sistema de la reivindicación 6, que comprende además uno o más accesorios que permiten llevar a cabo una función al menos en función de la información de posición del blanco.
- 55 10. El sistema de la reivindicación 1, en el que la unidad remota (700, 800, 1200) comprende además uno o más codificadores (720, 740, 1000) acoplados al ensamblaje de sonda (600, 1100, 1210).
11. El sistema de la reivindicación 10, en el que al menos uno de los codificadores (720) está configurado para determinar una primera posición angular de la punta de sonda (620, 1260) respecto a la base de sonda (730).

12. El sistema de la reivindicación 11, en el que al menos uno de los codificadores (740) está configurado para determinar una segunda posición angular de la punta de sonda (620, 1260) respecto a la base de sonda (730).
- 5 13. El sistema de la reivindicación 10, en el que al menos uno de los codificadores (1000) está configurado para determinar una posición axial de la punta de sonda (620, 1260) respecto a la base de sonda (730).
14. El sistema de la reivindicación 10, en el que la unidad remota comprende además un activador (710) configurado para efectuar una o más mediciones asociadas a una ubicación que toca la punta de sonda (620, 1260).
- 10 15. El sistema de la reivindicación 10, en el que la unidad remota comprende además un sensor de contacto asociado a la punta de sonda (620, 1260), en el que, cuando el sensor de contacto entra en contacto con la ubicación, se toman una o más mediciones asociadas a una ubicación.
- 15 16. El sistema de la reivindicación 1, comprendiendo además el blanco (110, 210, 310, 1410):
un retroreflector (1420, 1600, 1700) que tiene un ápice (1422, 1602, 1702), en el que el ápice (1422, 1602, 1701) está configurado para permitir que al menos parte de una luz de haz láser (1410) entre en el retroreflector (1420, 1600, 1700) para salir del retroreflector (1420, 1600) y
20 un sensor de luz láser (1430) configurado para detectar al menos la parte de la luz de haz láser (1410) que sale del retroreflector (1420, 1600, 1700) a través del ápice (1422, 1602, 1701).
17. El sistema de la reivindicación 16, en el que el blanco (150, 1450) está configurado para estar
25 acoplado a un sensor de medición óptica (1830).
18. El sistema de la reivindicación 16, en el que el retroreflector es un retroreflector hueco (1600).
19. El sistema de la reivindicación 18, en el que el retroreflector (1600) comprende una abertura (1601)
30 en el ápice (1602), la abertura (1601) está configurada para permitir que al menos la parte de la luz de haz láser (1410) salga del retroreflector (1600).
20. El sistema de la reivindicación 18, en el que el retroreflector (1600) comprende tres espejos que
35 forman el ápice (1602).
21. El sistema de la reivindicación 16, en el que el retroreflector es un retroreflector macizo (1700).
22. El sistema de la reivindicación 21, en el que el ápice (1701) comprende una pequeña superficie plana
40 (1702) pulida para permitir que al menos la parte de la luz de haz láser (1410) salga del retroreflector (1700).
23. El sistema de la reivindicación 16, en el que el sensor de luz láser (1430) es un fotodetector.
24. El sistema de la reivindicación 16, en el que el sensor de luz láser (1430) es un sensor matricial de
45 dispositivos acoplados por carga.
25. El sistema de la reivindicación 16, en el que el sensor de luz láser (1430) es capaz de funcionar para
detectar al menos uno de los movimientos de inclinación y oscilación del blanco.
26. El sistema de la reivindicación 1, en el que la varilla de sonda (610) está configurada para pivotar
50 alrededor de la base de sonda (730) en círculo.
27. El sistema de la reivindicación 1, en el que la varilla de sonda (610) está configurada para pivotar en
tres dimensiones alrededor de la base de sonda (730).
- 55 28. El sistema de la reivindicación 1, en el que la varilla de sonda (610) está configurada para moverse
alrededor de dos ejes.
29. El sistema de la reivindicación 1, en el que la varilla de sonda (610) está configurada en forma de "L".

30. El sistema de la reivindicación 1, en el que la varilla de sonda (610) está configurada para desplegarse, de manera que una longitud de la varilla de sonda (610) es variable.
31. Un procedimiento para medir una posición de un objeto con un sistema de medición multidimensional que comprende:
- 5 controlar coordenadas esféricas de una unidad de seguimiento que emite luz láser (100);
 - 10 controlar movimientos de inclinación, oscilación y balanceo de un blanco (150, 1450) en comunicación con la unidad de seguimiento (100);
 - determinar una distancia entre la unidad de seguimiento (100) y el blanco (150, 1450);
 - 15 enviar información de posición relativa al blanco (150, 1450) respecto a la unidad de seguimiento (100) en función de las coordenadas esféricas, los movimientos de inclinación, oscilación y balanceo y de la distancia y
 - estando una unidad remota (700, 800, 1200) asociada al sistema de medición multidimensional, comprendiendo la unidad remota (700, 800, 1200) el blanco (150, 1450) y un ensamblaje de sonda (600, 1100, 1210) acoplado al blanco (150, 1450), el ensamblaje de sonda (600, 1100, 1210) comprende una punta de sonda (620, 1260), una varilla de sonda (610) y una base de sonda (730), en el que la punta de sonda (620, 1260) está configurada para llegar a ubicaciones del objeto que no están en una línea de visibilidad entre la unidad de seguimiento y el blanco
 - 20 caracterizado porque controlar el movimiento de balanceo se basa en al menos una de una comparación entre un componente de polarización horizontal (214) de una luz láser (210, 310) que emite la unidad de seguimiento (100) y un componente de polarización vertical (213) de la luz láser (210, 310).
32. El procedimiento de la reivindicación 31, en el que un circuito de determinación de balanceo (250) lleva a cabo la comparación entre el componente de polarización horizontal (214) de la luz láser (210, 310) y el componente de polarización vertical (213) de la luz láser (210, 310).
- 30 33. El procedimiento de la reivindicación 31, en el que el blanco (150, 1450) es un blanco activo que es capaz de moverse respecto a la unidad de seguimiento (100).
34. El procedimiento de la reivindicación 31, en el que el blanco (150, 1450) es al menos uno de
- 35 incorporado en una unidad remota (700, 800, 1200), acoplado de manera fija a un objeto, usado para control de realimentación, usado para calibrado, usado para control de máquinas herramienta, usado para ensamblaje de piezas, usado para ensamblaje estructural y usado para inspección dimensional.
35. El procedimiento de la reivindicación 34, en el que la unidad remota (700, 800, 1200) comprende un
- 40 sistema de accionamiento (420) y uno o más dispositivos de tracción que permiten que la unidad remota (700, 800, 1200) se adhiera a una superficie.
36. El procedimiento de la reivindicación 35, en el que los dispositivos de tracción son dispositivos de tipo ventosa (410) que se usan conjuntamente con un sistema de vacío.
- 45 37. El procedimiento de la reivindicación 34, en el que la unidad remota (700, 800, 1200) se controla a distancia.
38. El procedimiento de la reivindicación 34, que comprende además permitir que un accesorio lleve a
- 50 cabo una función al menos en función de la información de posición del blanco (150, 1450).
39. El procedimiento de la reivindicación 31, caracterizado además por tener el ensamblaje de sonda (600, 1100, 1200) una punta de sonda (620, 1260), una varilla de sonda (610) y una base de sonda (730), en el que la punta de sonda (620, 1260) está configurada para llegar a ubicaciones en el objeto que no están en una línea de
- 55 visibilidad entre la unidad de seguimiento (100) y el blanco (150, 1450) y en el que uno o más codificadores (720, 740, 1000) acoplados al ensamblaje de sonda (600, 1100, 1200).
40. El procedimiento de la reivindicación 41, en el que al menos un codificador (740) está configurado para determinar una primera posición angular de la punta de sonda (620, 1260) respecto a la base de sonda (730),

al menos un codificador (740) está configurado para determinar una segunda posición angular de la punta de sonda (620, 1260) respecto a la base de sonda (730) y/o

5 al menos un codificador (1000) está configurado para determinar una posición axial de la punta de sonda (620, 1260) respecto a la base de sonda (730).

41. El procedimiento de la reivindicación 39, en el que un activador de la unidad remota (700, 800, 1000) se activa para efectuar una o más mediciones asociadas a una ubicación en el objeto que toca la punta de sonda (620, 1260).
10

42. El procedimiento de la reivindicación 39, caracterizado además por un sensor de contacto asociado a la punta de sonda (620, 1260), en el que, cuando el sensor de contacto entra en contacto con el objeto, se toman una o más mediciones asociadas a la ubicación en el objeto.
15

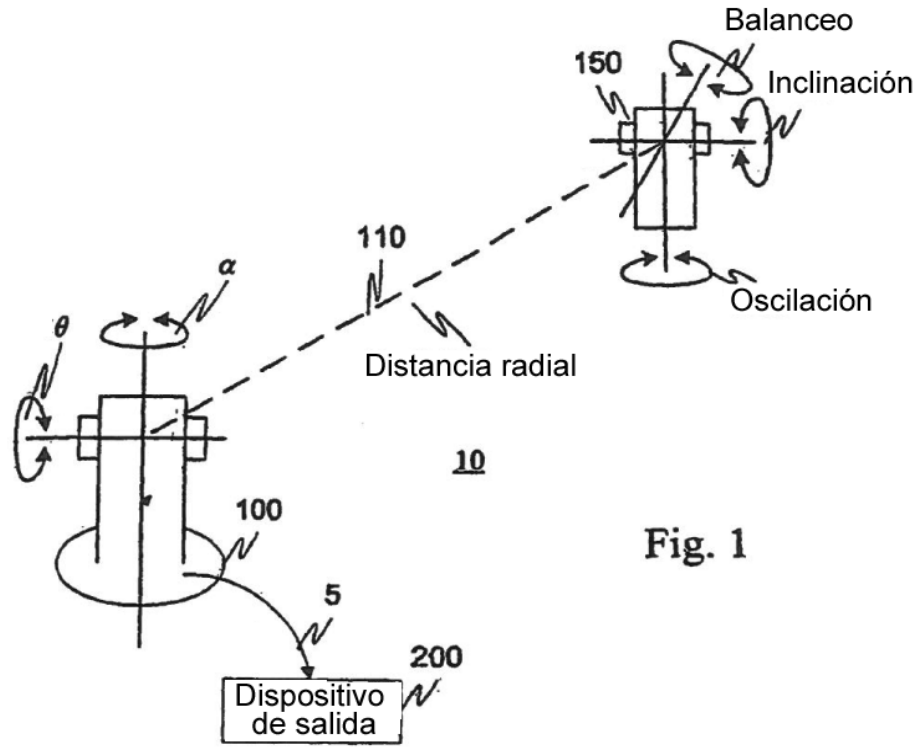


Fig. 1

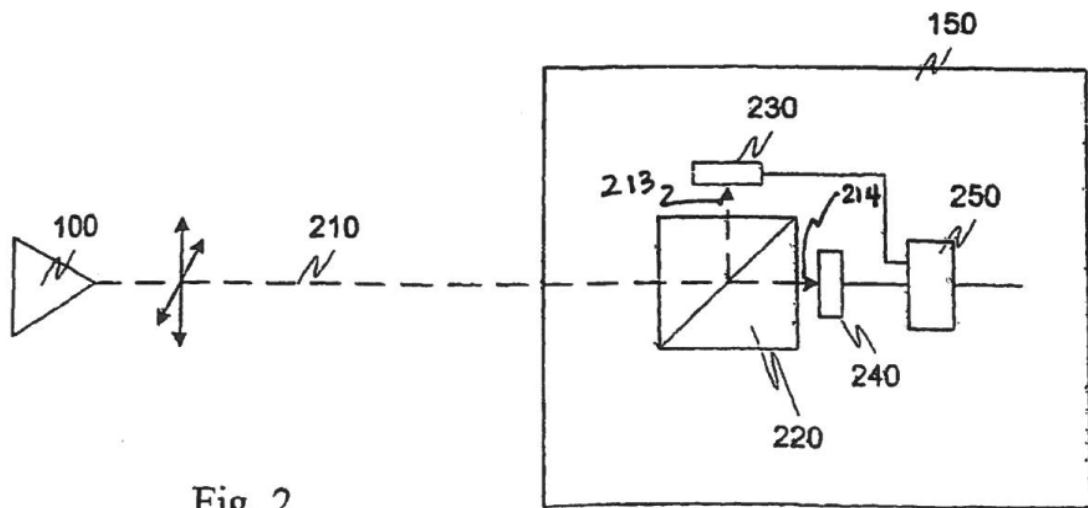


Fig. 2

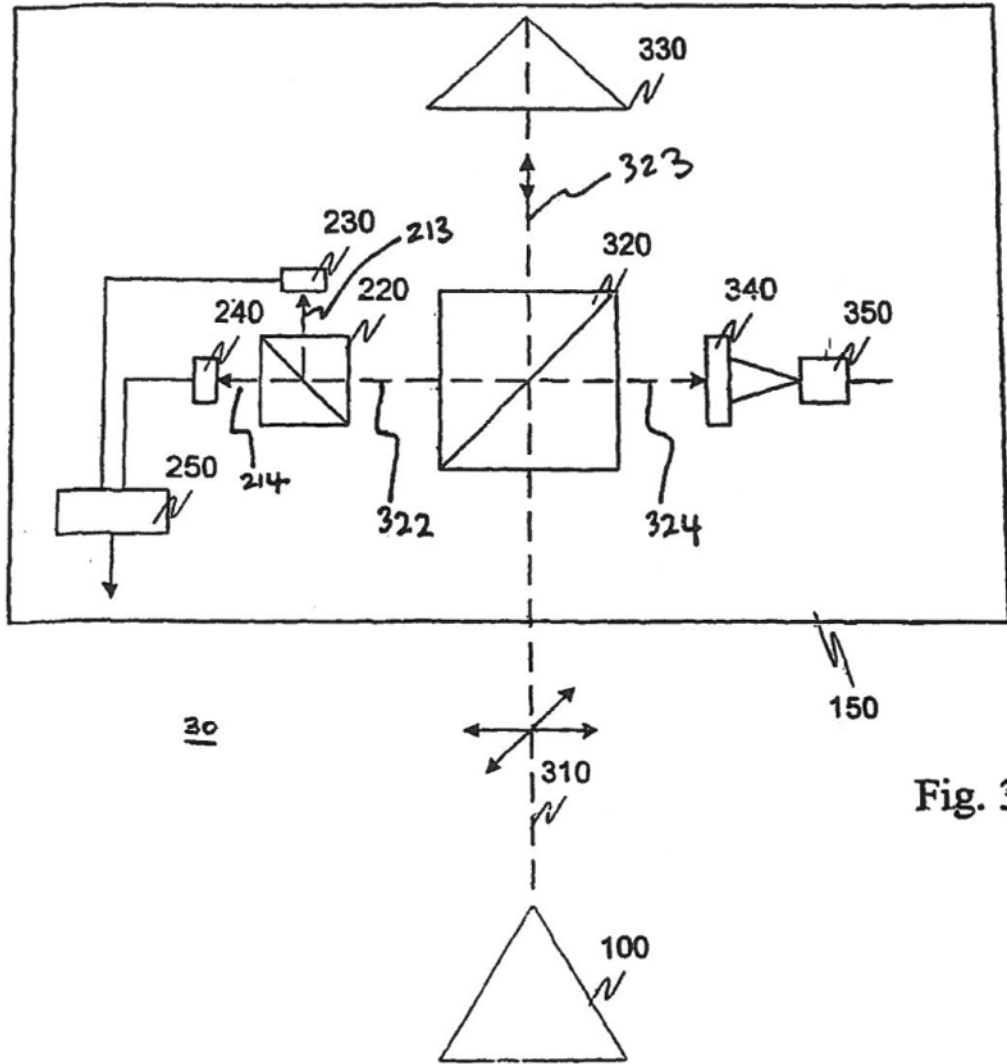


Fig. 3

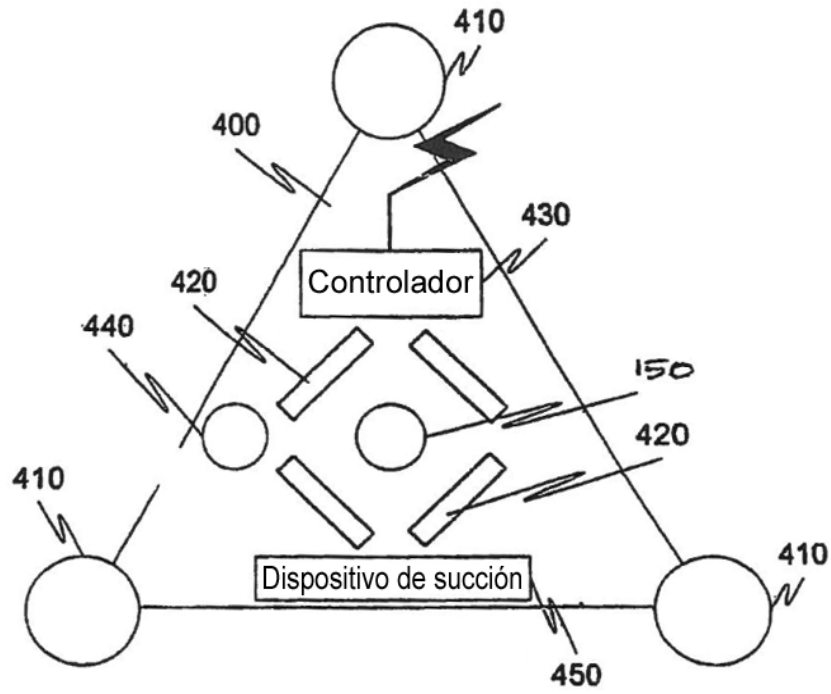


Fig. 4

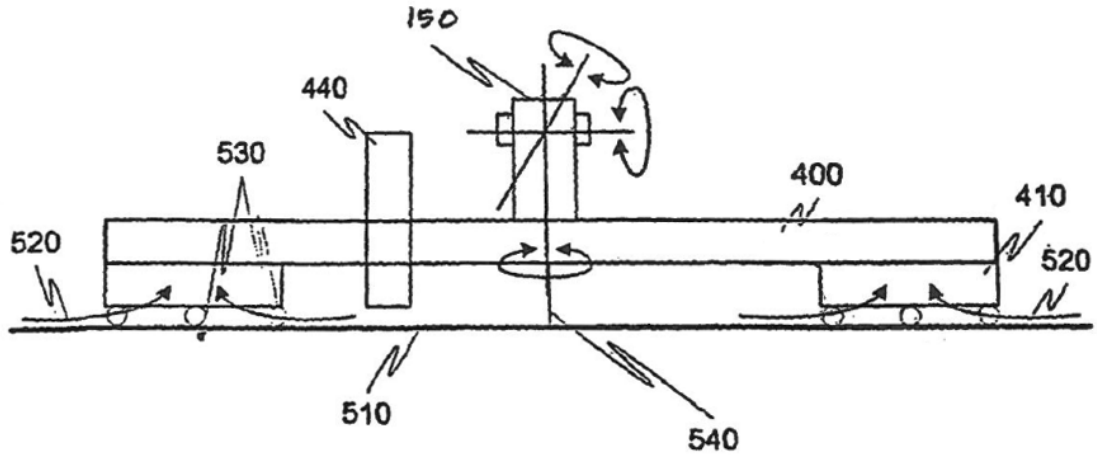


Fig. 5

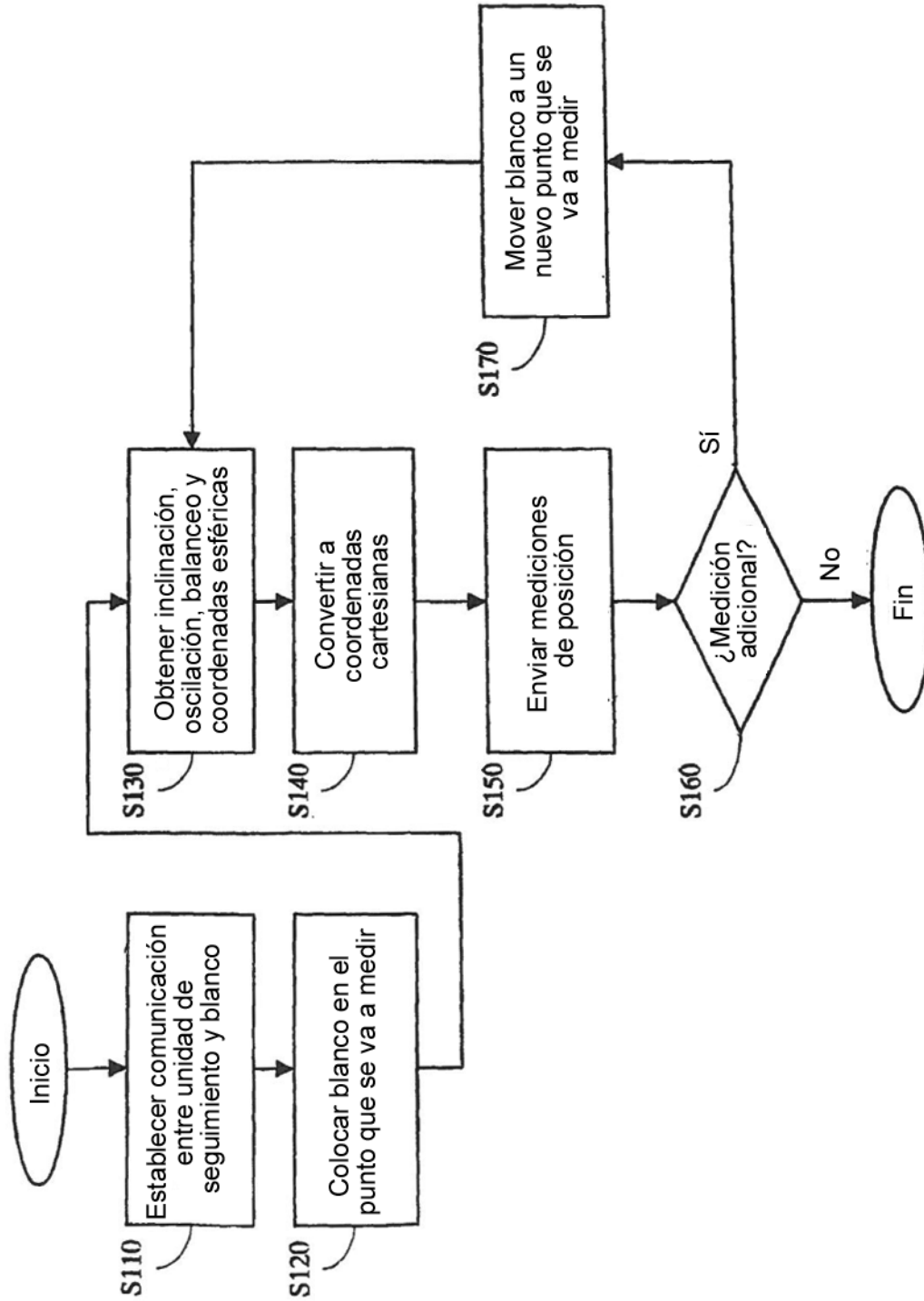
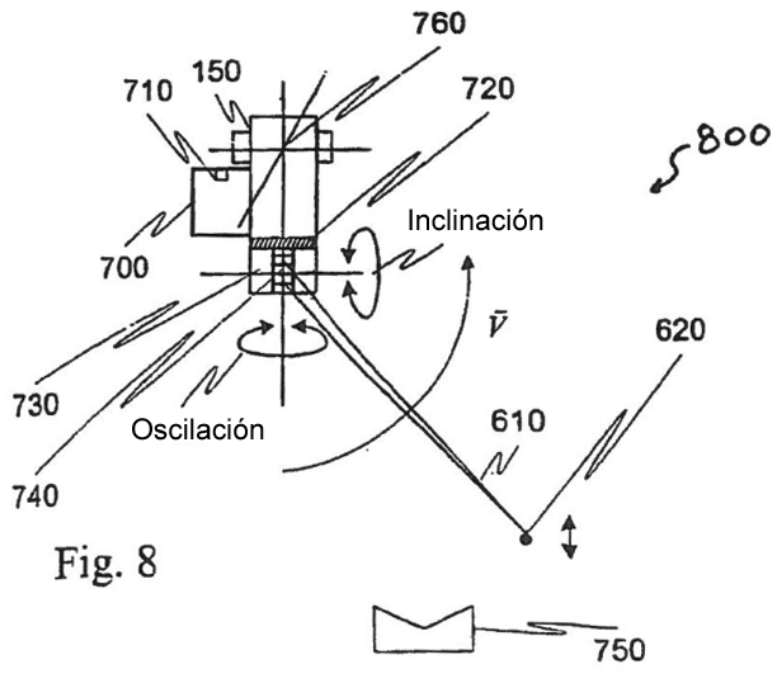
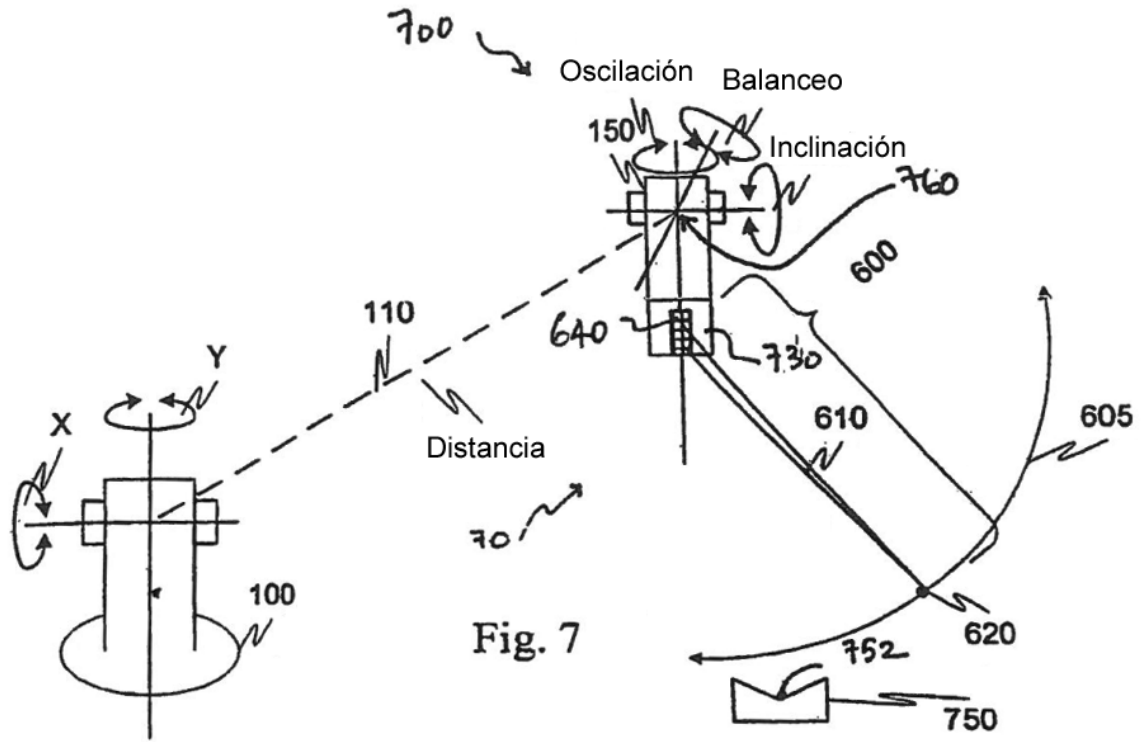


Fig. 6



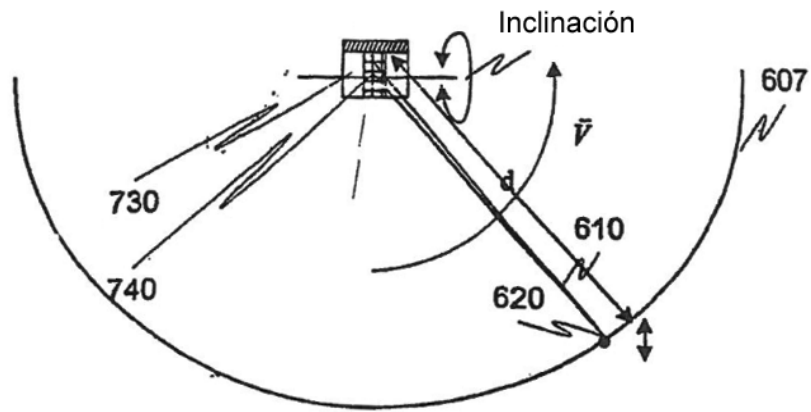


Fig. 9

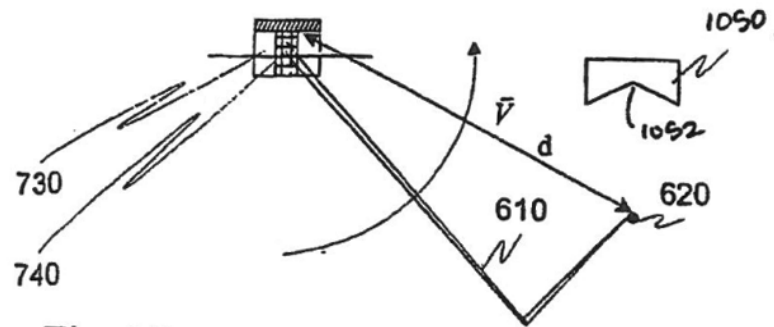
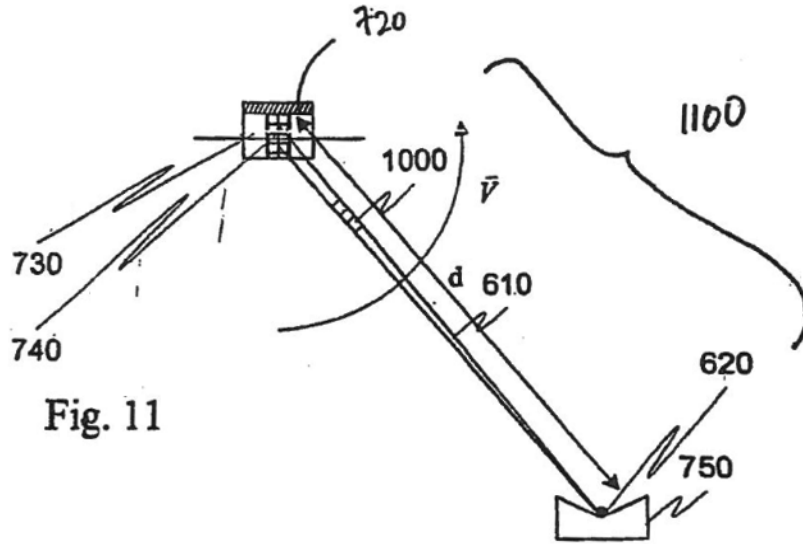
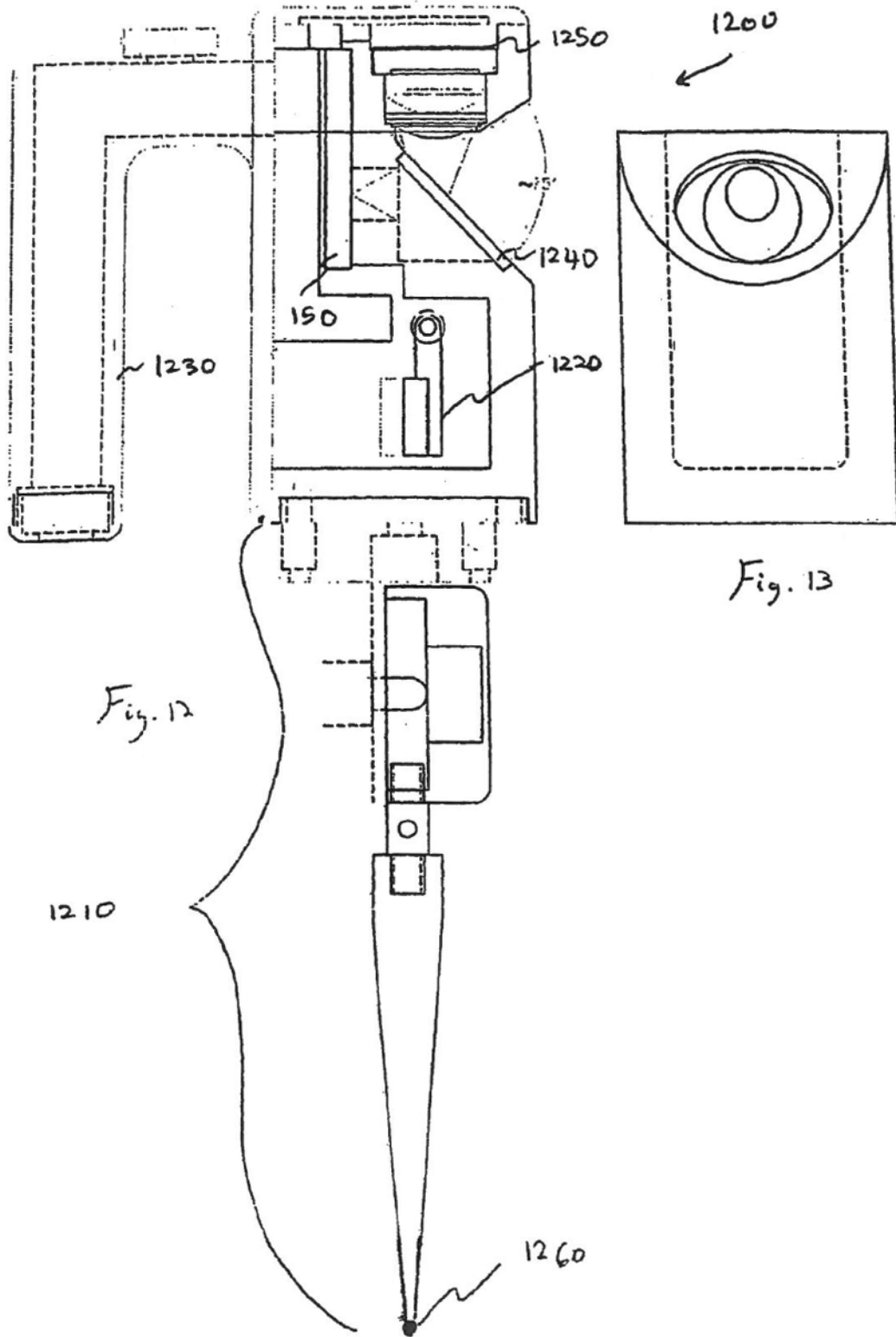


Fig. 10





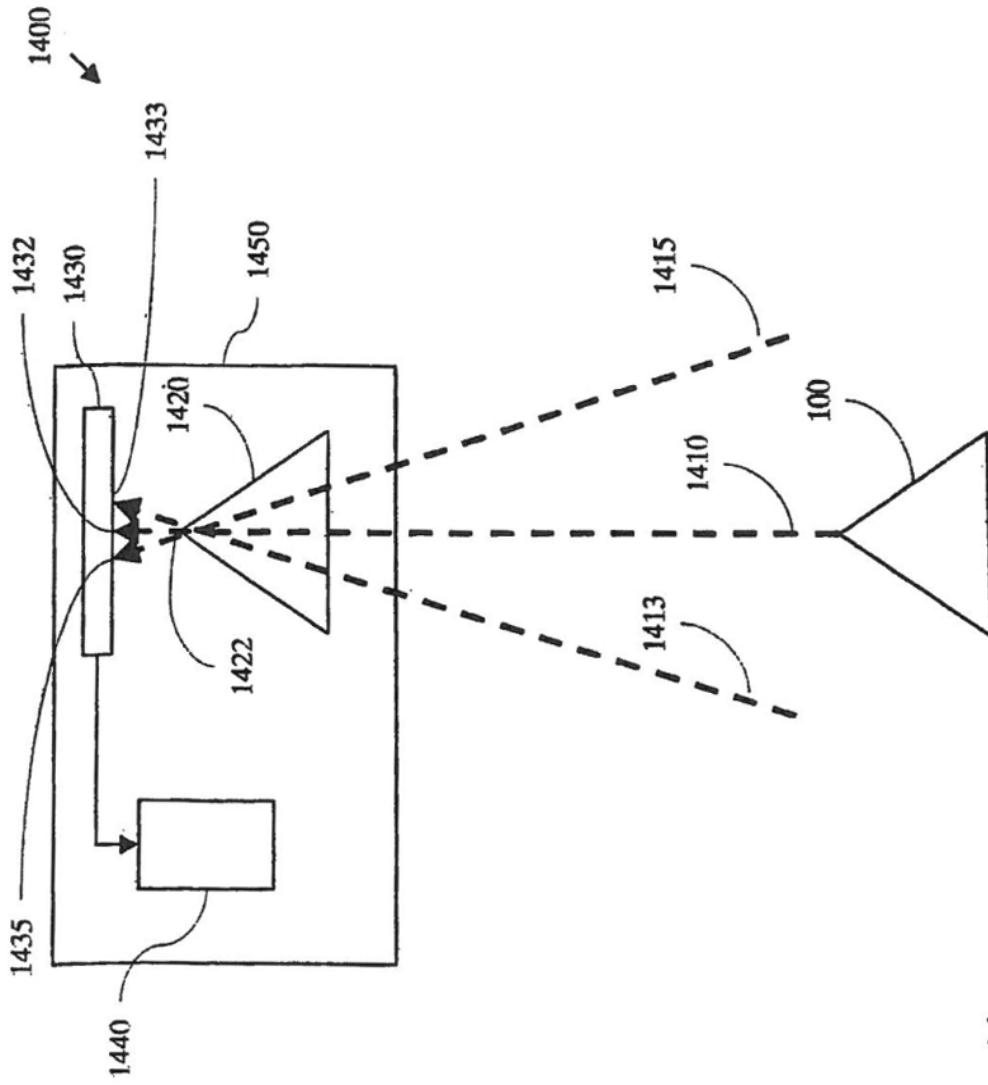
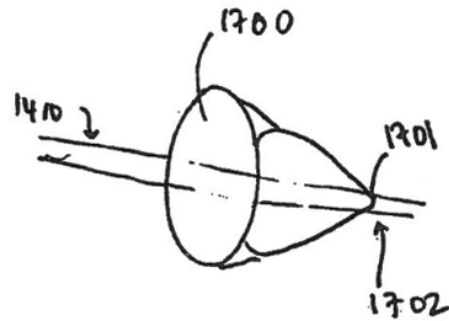
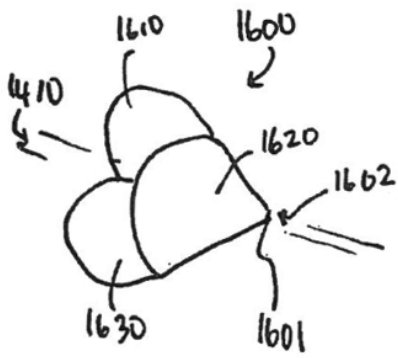
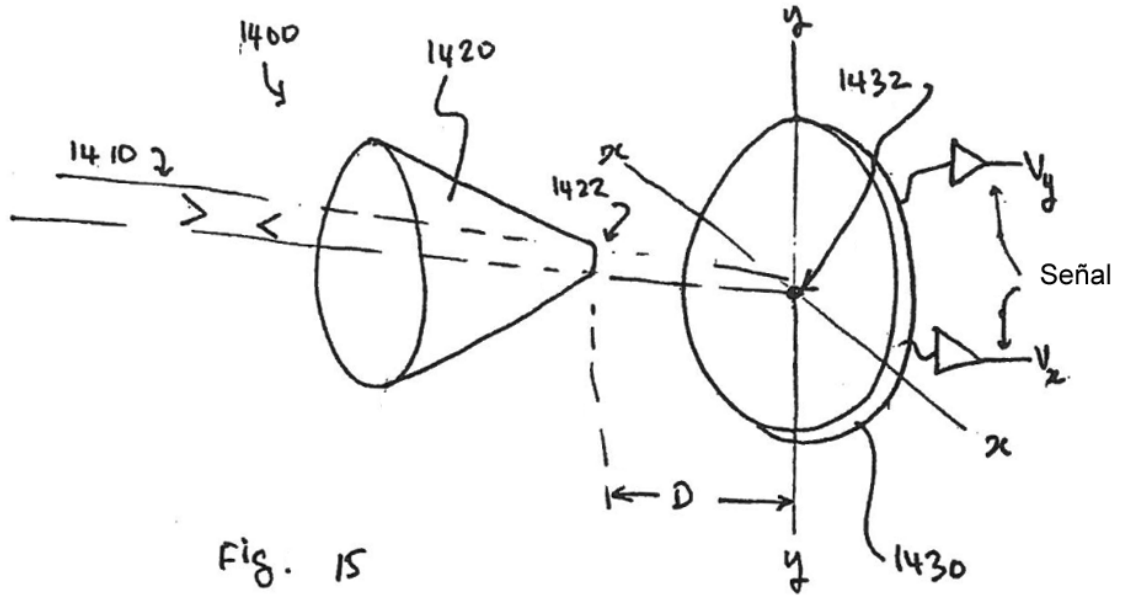


Fig. 14



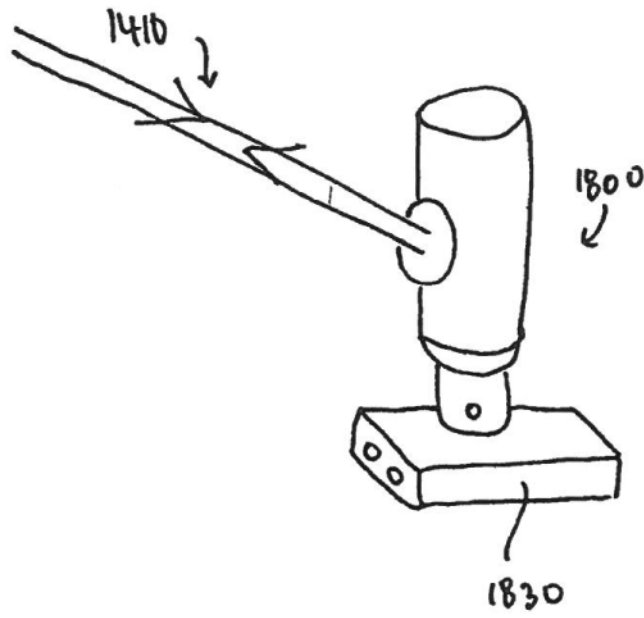


Fig. 18

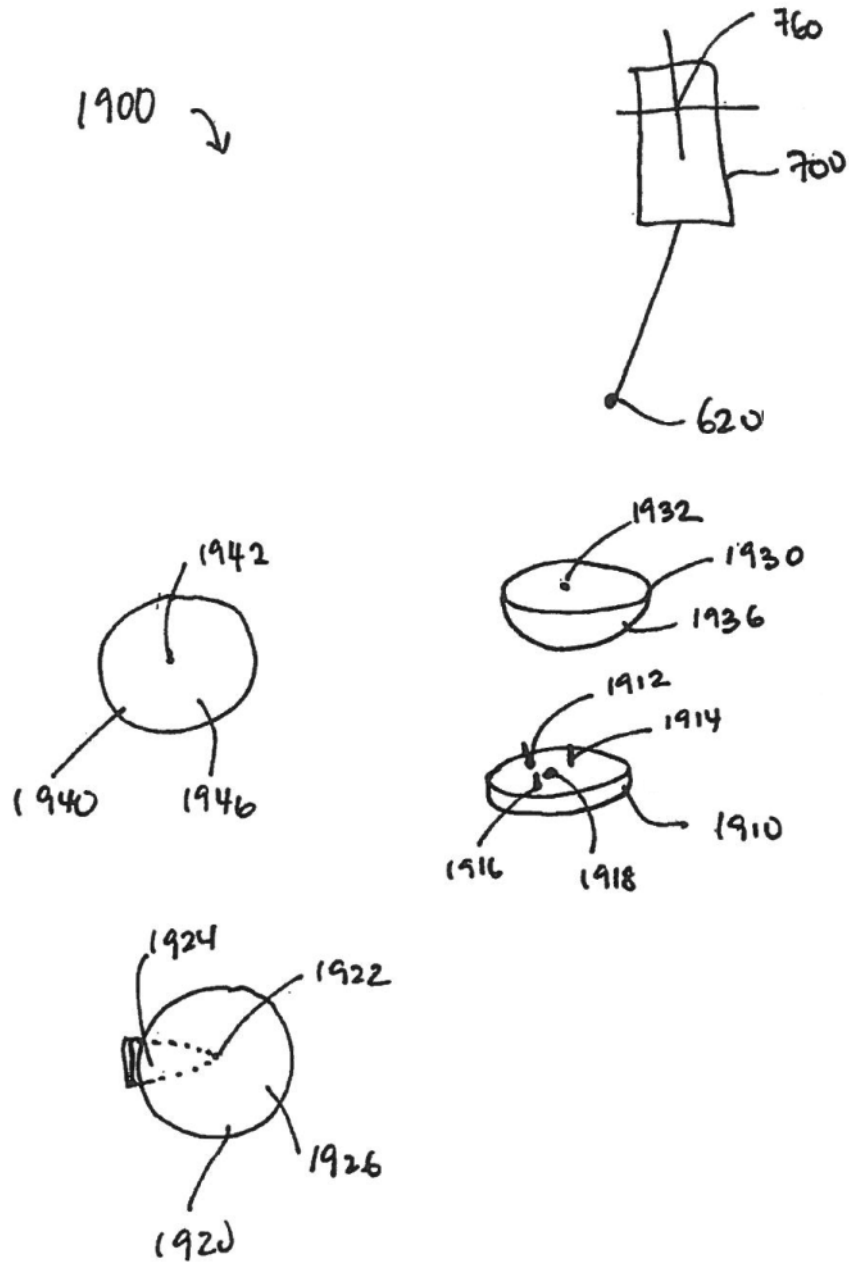


Fig. 19

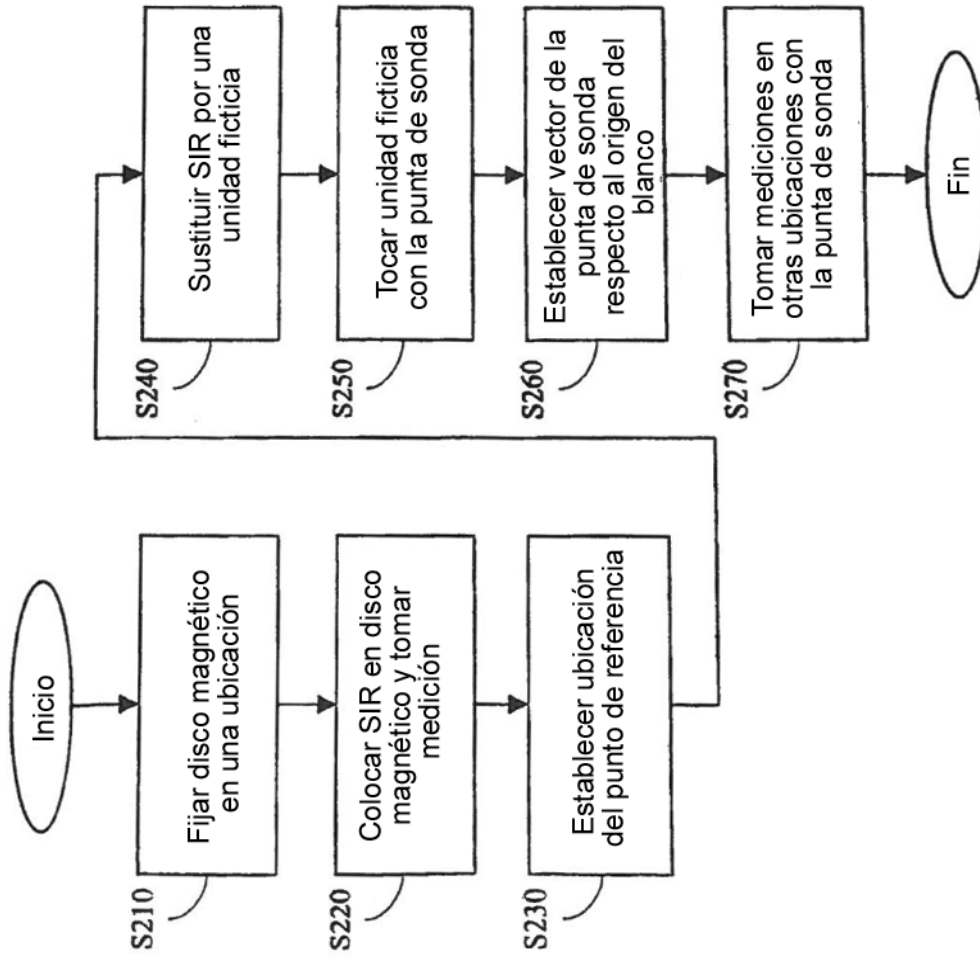


Fig. 20