



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 365 974**

⑫ Número de solicitud: **201001622**

⑮ Int. Cl.:

**G02B 7/00** (2006.01)

**F16M 11/12** (2006.01)

⑯

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑰ Fecha de presentación: **27.12.2010**

⑯ Solicitante/s: **Universidad de Málaga**  
c/ Severo Ochoa, 4 (PTA)  
29590 Campanillas, Málaga, ES

⑰ Fecha de publicación de la solicitud: **14.10.2011**

⑰ Inventor/es: **Fernández Ramos, Raquel;**  
**Romero Sánchez, Jorge;**  
**Ríos Gómez, Francisco Javier;**  
**Marín Martín, Francisco Javier** y  
**Martín Canales, José Francisco**

⑰ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**14.10.2011**

⑰ Agente: **No consta**

⑯ Título: **Aparato de guiado micrométrico motorizado para la captación y el direccionamiento preciso de haces láser en el espacio libre.**

⑯ Resumen:

Aparato de guiado micrométrico motorizado para la captación y el direccionamiento preciso de haces láser en el espacio libre, formada por un soporte móvil que permite alojar un sistema óptico que contiene un reflector cata-dióptrico que recibe luz en su plano focal y un colimador que concentra a un haz láser para ser transmitido. La estructura mecánica contiene una disposición de engranajes que permiten el movimiento micrométrico con dos grados de libertad, uno acimutal y otro de elevación del soporte, que aloja al sistema óptico. El movimiento angular se realiza con una precisión del microradián. La estructura electrónica consta de dos motores (2, 3) paso a paso que pueden girar mediante saltos variables y cuyos ejes mueven engranajes reductores de la estructura mecánica. También contiene cuatro sensores electroópticos (6, 6') que permiten detectar los fines de carrera en los movimientos de acimut y elevación.

## DESCRIPCIÓN

Aparato de guiado micrométrico motorizado para la captación y el direccionamiento preciso de haces láser en el espacio libre.

5

### Campo de la invención

La invención presentada, se enmarca en el campo de la industria electromecánica en aplicaciones de instrumentación óptica de precisión para la focalización, direccionamiento y guiado de haces luminosos.

10

### Antecedentes de la invención

Los aparatos que permiten el movimiento angular en los planos vertical y horizontal de un soporte, en el lenguaje de la astronomía toman el nombre de sistemas altacimutales conocidos también en su acepción inglesa como “pan and tilt”, del inglés movimiento de un plano horizontal “pan” y movimiento de un plano vertical “tilt”. Estos aparatos se utilizan en campos de la óptica, la electrónica y la robótica para el soporte de cámaras de vigilancia, telescopios y otros artíluguos que deban posicionarse y/o moverse en el espacio y deban apuntar hacia un punto concreto del mismo. El movimiento angular de los dos planos viene caracterizado por dos ángulos en torno a dos ejes perpendiculares de movimiento que definen una dirección del espacio en un sistema de coordenadas esféricas. El ángulo horizontal se denomina “acimut” o “longitud” y el vertical “latitud” o “elevación”.

20 Los aparatos “altacimutales” pueden tener los accionamientos del movimiento de los planos móviles de tipo manual o motorizado. Si son motorizados, los motores son controlados por drivers y unidades de control electrónico.

25 La amplitud y precisión del movimiento que poseen depende de la aplicación concreta para la que vayan a ser utilizados. Por ejemplo, si soportan cámaras de vigilancia deben presentar gran recorrido en el eje acimutal (e.g. 270° ó  $3\pi/2$  radianes), y menor recorrido en el eje de elevación (e.g. 180° ó  $\pi$  radianes). Y la precisión en la dirección dependerá del campo de visión de la cámara (e.g. 60°). En aplicaciones en las que haya que apuntar a direcciones lejanas del espacio, los recorridos suelen ser menores y la precisión mucho mayor.

30

En esta invención se presenta un aparato altacimutal micrométrico en las posiciones angulares para apuntar con precisión y estabilidad a direcciones del espacio que se encuentran entre 100 m y 2000 m soportando estructuras ópticas de captación (refletores catadiópticos) y emisión (haces láser colimados), de hasta 3 Kg de peso.

35

### Descripción de la invención

El aparato de guiado está formado por un soporte móvil que permite alojar un sistema óptico que contiene un reflector catadióptrico que recibe luz en su plano focal y un colimador que concentra a un haz láser para ser transmitido. La estructura mecánica contiene una disposición de engranajes que permiten el movimiento micrométrico con dos 40 grados de libertad, uno acimutal y otro de elevación del soporte, que aloja al sistema óptico. El movimiento angular se realiza con una precisión del microradián. La estructura electrónica consta de dos motores paso a paso que pueden girar mediante saltos variables y cuyos ejes mueven engranajes reductores de la estructura mecánica. También contiene cuatro sensores electroópticos que permiten detectar los fines de carrera en los movimientos de acimut y elevación.

45

Los motores paso a paso son activados mediante un Driver y un Microcontrolador que permite programar la velocidad y la aceleración del paso bajo el estándar I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuits) en modo esclavo.

50 Los sensores ópticos de fin de carrera se activan mediante reflexión de luz infrarroja y están sujetos a la acción de sendos buffers que conforman flancos nivel alto, nivel bajo y una ventana angular de trabajo. Un algoritmo ejecutado por un Microcontrolador recibe las señales de estos sensores para hacer la calibración.

La estructura y sus dimensiones permiten alojar tubos ópticos de hasta 10 cm de diámetro y soportar pesos de hasta 3 Kg.

55

El objeto de esta invención es el direccionamiento preciso de haces láser colimados hacia un blanco situado entre 100 m y 2000 m, a la vez que recibir otro haz similar en el mismo plano de emisión.

El aparato de guiado micrométrico comprende:

60

- un soporte de amarre preparado para sostener medios de comunicación óptica (preferentemente un tubo reflector catadióptrico y un transmisor láser) en el espacio libre;

- medios electromecánicos encargados de accionar el soporte de amarre, permitiendo su giro en torno a un eje de acimut y un eje de elevación de manera independiente, comprendiendo dichos medios electromecánicos:

65

- un motor de elevación, de tipo paso a paso, encargado de suministrar la fuerza motriz empleada para el giro del soporte de amarre en torno al eje de elevación;

# ES 2 365 974 A1

- medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de elevación encargados de producir, para cada paso del motor de elevación, un giro del soporte de amarre en torno al eje de elevación;
- un motor de acimut, de tipo paso a paso, encargado de suministrar la fuerza motriz empleada para el giro del soporte de amarre en torno al eje de acimut;
- medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de acimut encargados de producir, para cada paso del motor de acimut, un giro del soporte de amarre en torno al eje de acimut.

5

10

En una realización preferente, los medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de elevación comprenden:

- un tornillo sin fin de elevación que gira solidario al eje del motor de elevación;

15

- una corona helicoidal de elevación que engrana con el tornillo sin fin de elevación y encargada de producir el giro de un perno de elevación en torno a un eje de tracción de elevación;

- el perno de elevación, con una parte roscada;

20

- una tuerca de tracción de elevación roscada al perno de elevación, siendo dicha tuerca cilíndrica y con una ranura en el eje del cilindro;

25

- una biela de elevación, disponiendo en su extremo libre de una guía para el ajuste de la ranura de la tuerca de tracción de elevación, estando configurada dicha biela de elevación para producir el giro del soporte de amarre en torno al eje de elevación cuando se produce un desplazamiento de la tuerca de tracción de elevación.

30

El número de pasos por vuelta del motor de elevación, el paso de rosca del perno de elevación, el número de dientes de la corona helicoidal de elevación y la distancia de biela de elevación, definida como la distancia entre el eje de elevación y la tuerca de tracción de elevación, se configuran preferentemente de forma que para cada paso del motor de elevación el giro del soporte de amarre en torno al eje de elevación sea menor de 2 microradianes.

En una realización preferida, los medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de acimut comprenden a su vez:

35

- un tornillo sin fin de acimut que gira solidario al eje del motor de acimut;

- una corona helicoidal de acimut que engrana con el tornillo sin fin de acimut y encargada de producir el giro de un perno de acimut en torno a un eje de tracción de acimut;

40

- el perno de acimut, con una parte roscada;

- una tuerca de tracción de acimut roscada al perno de acimut, siendo dicha tuerca cilíndrica y con una ranura en el eje del cilindro;

45

- una biela de acimut, disponiendo en su extremo libre de una guía para el ajuste de la ranura de la tuerca de tracción de acimut, estando configurada dicha biela de acimut para producir el giro del soporte de amarre en torno al eje de acimut cuando se produce un desplazamiento de la tuerca de tracción de acimut.

50

El número de pasos por vuelta del motor de acimut, el paso de rosca del perno de acimut, el número de dientes de la corona helicoidal de acimut y la distancia de biela de acimut, definida como la distancia entre el eje de acimut y la tuerca de tracción de acimut, se configuran de forma que para cada paso del motor de acimut el giro del soporte de amarre en torno al eje de acimut sea menor de 2 microradianes.

55

La biela de acimut está preferiblemente encargada de la sustentación de los distintos componentes del aparato de guiado micrométrico, disponiendo dicha biela de acimut de al menos un taladro para la fijación externa del aparato.

60

El aparato de guiado micrométrico puede comprender adicionalmente unos medios sensores fin de carrera de elevación para delimitar el giro del soporte de amarre en torno al eje de elevación y unos medios sensores fin de carrera de acimut para delimitar el giro del soporte de amarre en torno al eje de acimut.

Los medios sensores fin de carrera de elevación comprenden preferiblemente:

65

- dos sensores fin de carrera de elevación electroópticos reflexivos fijados a un bastidor y dispuestos sobre la biela de acimut; y

- un espejo de fin de carrera de elevación fijado a la biela de elevación.

Los medios sensores fin de carrera de acimut comprenden preferiblemente:

- dos sensores fin de carrera de acimut electroópticos reflexivos fijados a la biela de acimut; y

5 - un espejo de fin de carrera de acimut fijado al bastidor.

El aparato de guiado micrométrico comprende preferiblemente un microcontrolador encargado de controlar los motores de elevación y de acimut, estando configurado para, mediante un proceso de calibración para compensar las 10 holguras mecánicas y electrónicas generadas, posicionar los espejos de fin de carrera en una posición de referencia centrada con respecto a los respectivos sensores fin de carrera.

## Breve descripción de los dibujos

15 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

20 Las Figuras 1A, 1B y 1C muestran distintas vistas del aparato de guiado micrométrico objeto de la presente invención.

Las Figuras 2A y 2B representan el aparato de guiado que soporta un reflector catadióptrico y un transmisor láser.

25 La Figura 3 representa los planos y ejes de giro del aparato de guiado micrométrico.

Las Figuras 4A y 4B muestran la cadena cinemática de ejes acoplados de acimut y elevación.

30 La Figura 5 representa una vista explosionada de las piezas de la estructura principal del aparato de guiado micrométrico.

La Figura 6 muestra el mecanismo sensor fin de carrera del aparato de guiado.

## Descripción detallada de la invención

35 En esta invención se presenta una solución mecatrónica para la captación y guiado preciso de haces láser con el objetivo de realizar enlaces ópticos en el espacio libre. El aparato de guiado micrométrico 1, mostrado en diferentes vistas en las Figuras 1A, 1B y 1C, está constituido por un actuador electromecánico accionado por dos motores paso a paso, un motor de elevación 2 y un motor de acimut 3, formado por piezas móviles y engranajes que permiten el movimiento acimutal y de elevación de un soporte de amarre 5, preferentemente circular, encargado de sostener un 40 tubo reflector catadióptrico 50 y un láser 51 de estado sólido colimado por lentes, tal como se muestra en las Figuras 2A y 2B. Su recorrido en el movimiento de acimut y elevación vienen determinados por cuatro sensores fin de carrera (dos sensores fin de carrera de elevación 6 para el giro en torno al eje de elevación y dos sensores fin de carrera de acimut 6' para el giro en torno al eje de acimut) que generan señales para la calibración y para delimitar un rango de seguridad o de posiciones admisibles. Los motores paso a paso se accionan mediante drivers y éstos se dirigen por un 45 microcontrolador que permite programar el tamaño de paso, la velocidad y la aceleración del motor. Estos datos se vuelcan en un bus estándar I<sup>2</sup>C pudiendo considerarse al conjunto como un sistema de control embebido que actúa en modo esclavo.

50 La mecánica del movimiento de cada uno de los planos móviles de acimut 10 y elevación 11 está formada por una cadena cinemática de tres ejes acoplados que transmiten el movimiento desde el motor paso a paso hasta el eje final que hace girar el soporte. El plano de acimut 10 sostiene al de elevación y en él se encuentran los dos motores que giran con el eje de acimut 20. El plano de elevación 11 se mueve encima del plano de acimut 10 y gira con el eje de elevación 21 (Figura 3).

55 A continuación se describe la acción de cada uno de los tres ejes acoplados (Figuras 4A y 4B). Partiendo del eje 22 del motor de elevación 2 (eje 22' del motor de acimut 3 para la Figura 4B), éste se ajusta a un tornillo sin fin de elevación 12 (tornillo sin fin de acimut 12' para la Figura 4B) que engrana con una corona helicoidal de elevación 13 (corona helicoidal de acimut 13' para la Figura 4B) de "n" dientes que mueve un segundo eje, eje de tracción de elevación 23 (eje de tracción de acimut 23' para la Figura 4B), consistente en un perno roscado (perno de elevación 14, perno de acimut 14') con paso de rosca "p". Una tuerca de tracción de elevación 15 (tuercas de tracción de acimut 15' para la Figura 4B) roscada al perno (14, 14'), se mueve linealmente una longitud de un paso de rosca "p" cada vez que la corona helicoidal (13, 13') da una vuelta. Si consideramos un motor paso a paso de "m" pasos por vuelta, un desplazamiento de longitud "p" ocurrirá cada m\*n pasos de motor. Si la tuerca de tracción (15, 15') roscada al perno se utiliza como guía y elemento de tracción de un mecanismo de biela, transformaremos de nuevo el movimiento lineal en angular. El tercer y último eje, eje de elevación 21 (eje de acimut 20 en la Figura 4B), es el que finalmente sostiene a una biela (biela de elevación 16, biela de acimut 16') cuya guía engarza con la tuerca de tracción (15, 15') a través de un eje ranurado. Si la longitud entre el eje de tracción y el tercer eje es "l" (longitud de la biela), un movimiento de un paso de rosca "p", generará un movimiento angular de:

$$\Delta\alpha_{\text{paso de rosca}} = \tan^{-1}\left(\frac{p}{l}\right) \text{ radianes} \quad (\text{Ec. 1})$$

5

Así, un paso de motor generará un desplazamiento de ángulo de:

$$10 \quad \Delta\alpha_{\text{paso de motor}} = \tan^{-1}\left(\frac{p}{l \cdot m \cdot n}\right) \cong \frac{p}{l \cdot m \cdot n} \text{ radianes} \quad (\text{Ec. 2})$$

15 La aproximación es correcta, ya que  $\frac{p}{l \cdot m \cdot n} \ll 1$ , por lo que el arco tangente se aproxima con gran precisión a su argumento.

20 Considerando valores convencionales de paso de rosca del orden del milímetro, longitudes de biela de varias decenas de milímetros, relaciones de engranaje tornillo-corona de 1:30 ó 1:40 y motores paso a paso de 400 pasos por vuelta, el movimiento angular conseguido por paso de motor es del orden de las millonésimas de radián o de algunas décimas de segundos de arco.

25 Si se apunta un haz láser a un blanco situado a una distancia entre 100 m y 2000 m en una plataforma móvil como la que hemos descrito, un paso de motor desplazaría el haz entre unas décimas de milímetro (a 100 m) y varios milímetros (a 2000 m).

30 35 Por otro lado, con el objetivo de diseñar la mecánica de los sensores fin de carrera 6, hemos de tener en cuenta que las carreras de los ejes de acimut 20 y elevación 21 deberán ser tales que permitan barrer áreas lejanas entre 100 m y 2000 m que se generen por desviaciones de haces láser debidas al movimiento de la base del aparato de guiado que se asienta en las cubiertas de los edificios. La dinámica de un edificio puede generar un desplazamiento angular de la cubierta no superior a unas décimas de radián (no superior a 10°). Las desviaciones del haz por estos desplazamientos angulares llegarían a suponer desplazamientos lineales entre 15 m (a 100 m) y 300 m (a 2000 m). La mecánica asociada a los sensores fin de carrera debe acumular todas las holguras que se sucedan y sumen en los tres ejes del movimiento de los planos de acimut y elevación. Por tanto, deben utilizarse estos planos para realizar la medida de la carrera. Cuando se realiza la calibración de los ejes debe tenerse en cuenta toda la holgura acumulada en la cadena cinemática.

40 Los sensores electroópticos reflexivos constan de un diodo led de infrarrojos y un fototransistor situados en el mismo plano y separados por una pantalla opaca. Son reflexivos; es decir, el diodo led se encuentra siempre iluminado y el fototransistor recibe la luz del led cuando ésta se refleja sobre un espejo móvil. El fototransistor se activa cuando se supera un umbral de iluminación. Para que este umbral no genere mecanismos de histéresis excesiva, la activación del fototransistor se hace mediante circuitos electrónicos comparadores de alta ganancia.

45 En una realización preferente, el aparato de guiado 1 micrométrico motorizado y sensorizado para la captación y el direccionamiento preciso de haces láser se realiza en aluminio para la estructura, latón en los pernos (14, 14') y casquillos, bronce en las coronas helicoidales (13, 13'), nylon autolubricado con molibdeno en las tuercas de tracción (15, 15') y acero en tuercas y tornillos, incluido los tornillos sin fin (12, 12'). Todas las piezas se fresan o tornean bajo un sistema de control numérico CNC. Los motores paso a paso suministran 200 pasos/vuelta pero la electrónica de control asociada permite multiplicar hasta un factor 8 (1600 pasos/vuelta). Los sensores fin de carrera (6, 6') son electroópticos de reflexión (parejas diodo led-fototransistor), sin contactos mecánicos. Se usan cuatro sensores: dos sensores 6' para la carrera de acimut y dos sensores 6 para la de elevación.

50 55 Tal como se muestra en la vista explosionada de la Figura 5, la estructura mecánica principal está formada por cinco piezas principales: la base o biela de acimut 16', el bastidor 17, la biela de elevación 16, la base de amarre 18 y el soporte de amarre 5 (preferentemente cilindro de amarre).

60 65 La base o biela de acimut 16' es el elemento sobre el que se apoyan todas las piezas y es la sustentación de todo el conjunto incluyendo motores y sensores. Consta de un taladro central sobre el que se apoya el tornillo del eje de acimut 20, cuatro taladros para la fijación externa y una guía 19' para la tuerca de tracción de acimut 15'. El mecanismo de biela se completa con el perno de acimut 14' y su tuerca de tracción 15' sujetos en el bastidor 17. La distancia entre el eje de acimut 20 y el eje de tracción de acimut 23' determina la longitud de la biela que en la realización presentada es de 40 mm. Sobre la base o biela de acimut 16' se sitúa el soporte que contiene los sensores electroópticos de fin de carrera de acimut 6'.

65 70 El bastidor 17 sostiene el soporte de los motores paso a paso (2, 3), el espejo de fin de carrera de acimut 30' (sujeto al bastidor 17 mediante un espárrago 32' solidario con el bastidor 17) y el soporte 31 de los sensores electroópticos de fin de carrera de elevación, tal como se muestra en la Figura 6, que representa el mecanismo de los sensores fin de carrera del aparato de guiado. Posee dos taladros perpendiculares por donde pasan los ejes de acimut 20 y elevación 21 a la vez que contiene los mecanismos de sujeción de los pernos de acimut 14' y elevación 14 en donde se insertan las

coronas helicoidales (13, 13') de 40 dientes en esta realización movidas por los tornillos sin fin (12, 12'). Los pernos de elevación 14 y acimut 14' engranan con las correspondientes tuercas de tracción (15, 15'). El perno de acimut 14', la tuerca de tracción de acimut 15' y la base o biela de acimut 16' y su interacción constituyen el mecanismo de biela de acimut. El perno de elevación 14, la tuerca de tracción de elevación 15 y la biela de elevación 16 y su interacción 5 constituyen el mecanismo de biela de elevación. Los pernos (14, 14') se sujetan al bastidor 17 mediante casquillos (casquillo del perno de elevación 33, casquillo del perno de acimut 33') y tuercas (tuerca del casquillo de elevación 34, tuerca del casquillo de acimut 34'). En la Figura 5 también se muestra la tuerca 35 del eje de elevación y la tuerca 35' del eje de acimut.

10 La biela de elevación 16 es la pieza que junto con el perno de elevación 14 y la tuerca de tracción de elevación 15 y su interacción constituyen el mecanismo de biela de elevación. Consta de la guía 19 para la tuerca de tracción de elevación 15 y el eje de elevación 21 propiamente dicho. La distancia entre el eje de elevación 21 y el eje de tracción de elevación 23 nos dan la longitud de la biela de elevación. En la realización presentada es de 40 mm, misma longitud que la de la biela de acimut, lo que significa que la resolución del paso en los ejes de elevación y acimut es idéntica.

15 Las tuercas de tracción (15, 15') tienen forma cilíndrica con una ranura en el eje del cilindro que ajusta en las guías (19, 19') de las bielas (16, 16'). El roscado es perpendicular al cilindro.

20 La base de amarre 18 es una pieza situada perpendicularmente sobre la biela de elevación 16, siendo el soporte o base del soporte de amarre 5 que sujeta el tubo del reflector catadióptrico y el soporte del láser emisor.

25 La desviación angular generada por cada paso de motor en cada uno de los ejes de acimut y elevación para la realización presentada considerando el uso de un perno de paso de rosca M8 estándar ( $p=1.25$  mm), una corona de 40 dientes ( $n=40$ ), un motor paso a paso de 400 pasos/vuelta ( $m=400$ ) y distancia de biela de 40 mm ( $l=40$  mm), la desviación angular será:

$$\Delta\vartheta_{elevación} = \Delta\varphi_{acimut} = \Delta\alpha = \frac{1.25}{40 \cdot 40 \cdot 400} = 1.95 \times 10^{-6} \text{ radianes} \quad (\text{Ec. 3})$$

30

Así a 100 m la desviación lineal de un haz láser soportado en el sistema por paso de motor será de:

$$35 \quad \delta_{paso\ de\ motor}(100m) = 0.195\text{mm} \quad (\text{Ec. 4})$$

Y a 2000 m será:

$$40 \quad \delta_{paso\ de\ motor}(2000m) = 3.9\text{mm} \quad (\text{Ec. 5})$$

45 Para que los sensores de fin de carrera (6, 6') registren todas las holguras acumuladas debidas a la sucesión del movimiento generado en los tres ejes acoplados (22, 23, 21; 22', 23', 20), los espejos de reflexión (30, 30') de éstos se sitúan en los planos de acimut 10 y elevación 11 girando sobre los ejes de acimut 20 y elevación 21.

50 El mecanismo sensor fin de carrera consta de tres piezas, tanto para la carrera de acimut, como para la de elevación: soporte (31, 31'), tarjetas sensor (6, 6') y el espejo fin de carrera (30, 30').

El soporte (31, 31') sujeta las tarjetas sensor (6, 6'). Hay un soporte para cada carrera. El soporte de la carrera de acimut 31' se encuentra fijado a la base o biela de acimut 16' y el soporte 31 de la carrera de elevación al bastidor 17.

55 Las tarjetas sensor en un número de dos por carrera, contienen la estructura diodo-fototransistor y la red de polarización. Cada pareja diodo-fototransistor de cada carrera se encuentra posicionada de acuerdo con el perímetro de una circunferencia de 40 mm de radio con centro en los ejes de acimut 20 y elevación 21 y distanciados un ángulo de 50°.

60 Los espejos fin de carrera (30, 30') tienen forma de sector de corona circular. El espejo de fin de carrera de acimut 30' se encuentra fijado mediante un espárrago 32' al bastidor 17, y el espejo de fin de carrera de elevación 30 se encuentra fijado mediante otro espárrago 32 a la biela de elevación 16. Estos espejos (30, 30') giran solidariamente con el eje de acimut 20 y de elevación 21 respectivamente. El sector de corona circular del espejo se extiende un ángulo de 40° y barre el perímetro de una circunferencia con centro en los ejes de acimut 20 y elevación 21 y radio de 40 mm. Así cuando gira a derechas y a izquierdas partiendo de una posición central de referencia barre ángulos de 50° antes de que se genere una reflexión y la activación de un fototransistor. El barrido completo de cada carrera es, por tanto, de 10°.

En una realización preferente del sistema electrónico de control, los motores paso a paso son de precisión (1.8°/paso - una vuelta en 200 pasos), se alimentan en corriente por transistores drivers en configuración bipolar que son gestionados por un microcontrolador dedicado que permite el posicionamiento de hasta 1/16 del paso base. El microcontrolador, a la vez, permite el control de la secuencia de pulsos y la programación de la velocidad y la aceleración del motor. Las comunicaciones con el microcontrolador se realizan mediante el estándar I<sup>2</sup>C configurado en modo esclavo.

Los sensores fin de carrera generan señales de pulso que son tratadas mediante comparadores de alta ganancia para minimizar la histéresis entre la subida y bajada del pulso. Un microcontrolador ejecuta un algoritmo de calibración actuando sobre los motores paso a paso y posicionando a los planos de acimut y elevación en una posición de referencia. El movimiento de los planos respecto de la posición de referencia sigue el estándar propuesto en óptica para coordenadas esféricas.

En una realización preferente del algoritmo de calibración, si llamamos  $\varphi_{\min}$  al ángulo acimutal más negativo y  $\varphi_{\max}$  al más positivo y  $\theta_{\min}$  al ángulo de elevación más negativo y  $\theta_{\max}$  al más positivo, definimos los rangos de posiciones admisibles como los intervalos  $[\varphi_{\min}, \varphi_{\max}]$  Para el plano de acimut y  $[\theta_{\min}, \theta_{\max}]$  para el de elevación.

El algoritmo de calibración se realiza siguiendo tres secuencias que describen el procedimiento válido para ambos ejes:

20 1. Cálculo de la holgura total: la holgura total posee una componente mecánica debida a los ejes y otra eléctrica de histéresis debida a los sensores. El cálculo de la holgura total se realiza en los siguientes pasos:

25 - Desde la posición actual, se dirige el espejo hacia el sensor de fin de carrera correspondiente al ángulo mínimo que activará una señal de parada una vez alcanzado. Una vez allí, se dirige el espejo en sentido contrario hasta que la señal de parada se desactive. En este punto el espejo está posicionado sobre el ángulo mínimo.

30 - Se dirige el espejo de nuevo hacia el sensor correspondiente al ángulo mínimo. Cuando se active de nuevo la señal de parada, el número de pasos realizados se corresponderá con la holgura acumulada de toda la cadena cinemática mecánica y eléctrica. Este valor se almacena como valor de compensación de holgura, y se utilizará a partir de este momento para el resto de los movimientos que realicemos que impliquen un cambio de sentido.

35 - Se dirige el espejo hacia el ángulo mínimo. Este movimiento no mueve al eje. En este momento estamos justo sobre el ángulo mínimo con la compensación de holgura aplicada.

2. Cálculo del rango total: Desde el ángulo mínimo se dirige el espejo hacia el sensor fin de carrera correspondiente al ángulo máximo. Este se alcanza cuando se vuelve a interrumpir la señal de parada. En este momento el espejo está sobre el ángulo máximo, siendo el rango el número de pasos dados. El origen se encontrará en la mitad del número de pasos computados cuyo valor es almacenado.

45 3. Posicionamiento en el origen de coordenadas: Desde la posición del ángulo máximo, se dirige el espejo en sentido contrario hacia el valor almacenado en la fase anterior. En este momento el espejo está posicionado en el origen de coordenadas del eje correspondiente. Como ha cambiado el sentido de giro se realizará la compensación de la holgura almacenada en el paso 1.

50 Desde el punto de vista angular el microcontrolador que ejecuta este algoritmo, el número de pasos es escalado de acuerdo con la expresión (Ec. 2). De esta manera, el ángulo en radianes recorrido es:

$$\text{no. de pasos} \cdot \Delta\alpha \equiv \text{ángulo en radianes} \quad (\text{Ec. 6})$$

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de guiado micrométrico motorizado para la captación y el direccionamiento preciso de haces láser en  
5 el espacio libre, **caracterizado** porque comprende:

- un soporte de amarre (5) preparado para sostener medios de comunicación óptica en el espacio libre;
- medios electromecánicos encargados de accionar el soporte de amarre (5), permitiendo su giro en torno a un eje de acimut (20) y un eje de elevación (21) de manera independiente, comprendiendo dichos medios electromecánicos:
  - un motor de elevación (2), de tipo paso a paso, encargado de suministrar la fuerza motriz empleada para el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de elevación (21);
  - medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de elevación (2) encargados de producir, para cada paso del motor de elevación (2), un giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de elevación (21);
  - un motor de acimut (3), de tipo paso a paso, encargado de suministrar la fuerza motriz empleada para el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de acimut (20);
  - medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de acimut (3) encargados de producir, para cada paso del motor de acimut (3), un giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de acimut (20).

25 2. Aparato de guiado micrométrico según la reivindicación 1, donde los medios de comunicación óptica comprenden al menos uno de los siguientes:

- un tubo reflector catadióptrico 50;
- 30 un transmisor láser 51.

35 3. Aparato de guiado micrométrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de elevación (2) comprenden:

- un tornillo sin fin de elevación (12) que gira solidario al eje (22) del motor de elevación (2);
- una corona helicoidal de elevación (13) que engrana con el tornillo sin fin de elevación (12) y encargada de producir el giro de un perno de elevación (14) en torno a un eje de tracción de elevación (23);
- 40 - el perno de elevación (14), con una parte roscada;
- una tuerca de tracción de elevación (15) roscada al perno de elevación (14), siendo dicha tuerca cilíndrica y con una ranura en el eje del cilindro;
- 45 - una biela de elevación (16), disponiendo en su extremo libre de una guía (19) para el ajuste de la ranura de la tuerca de tracción de elevación (15), estando configurada dicha biela de elevación (16) para producir el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de elevación (21) cuando se produce un desplazamiento de la tuerca de tracción de elevación (15).

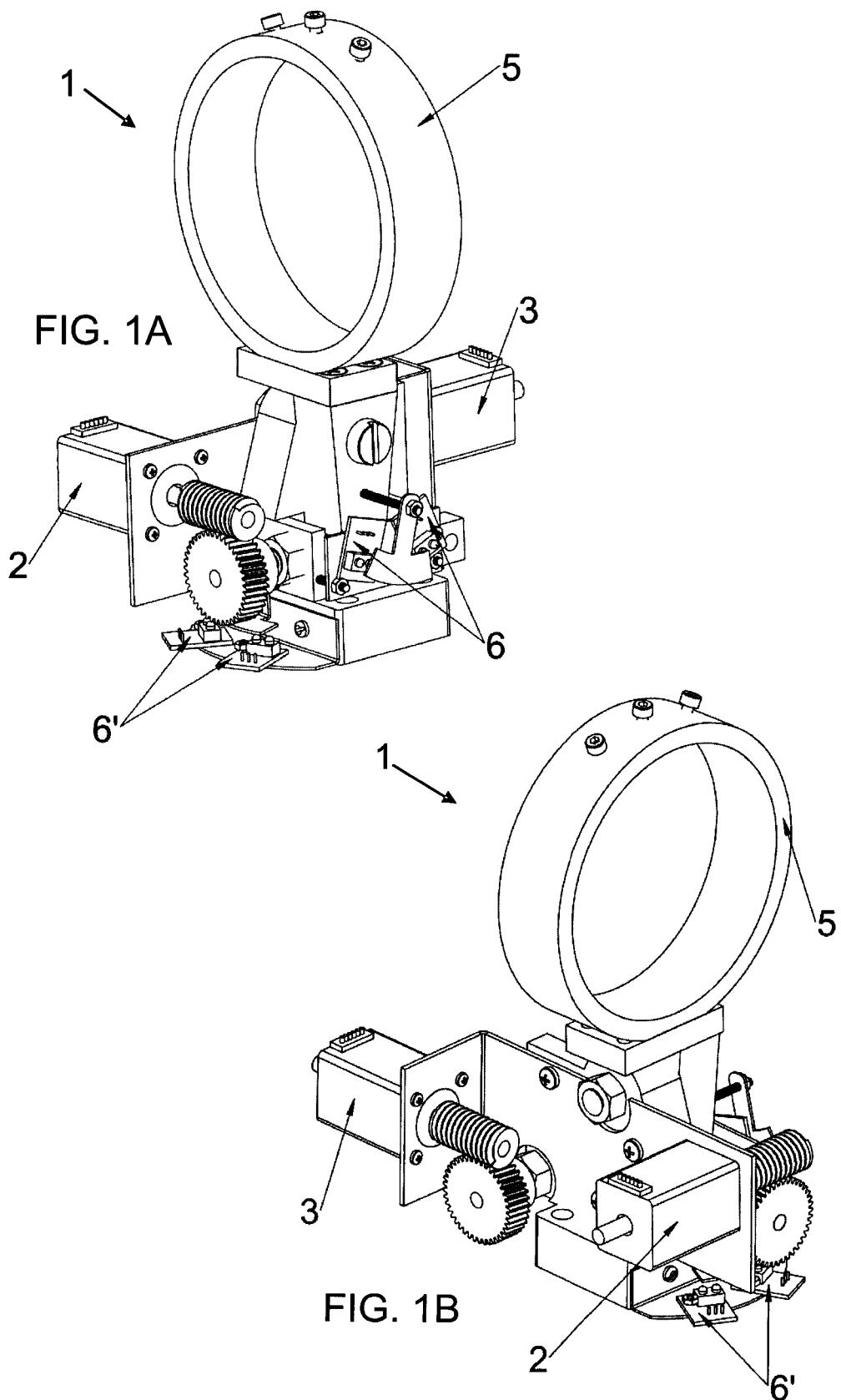
50 4. Aparato de guiado micrométrico según la reivindicación 3, donde el número de pasos por vuelta del motor de elevación (2), el paso de rosca del perno de elevación (14), el número de dientes de la corona helicoidal de elevación (13) y la distancia de biela de elevación, definida como la distancia entre el eje de elevación (21) y la tuerca de tracción de elevación (15), se configuran de forma que para cada paso del motor de elevación (2) el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de elevación (21) sea menor de 2 microradianes.

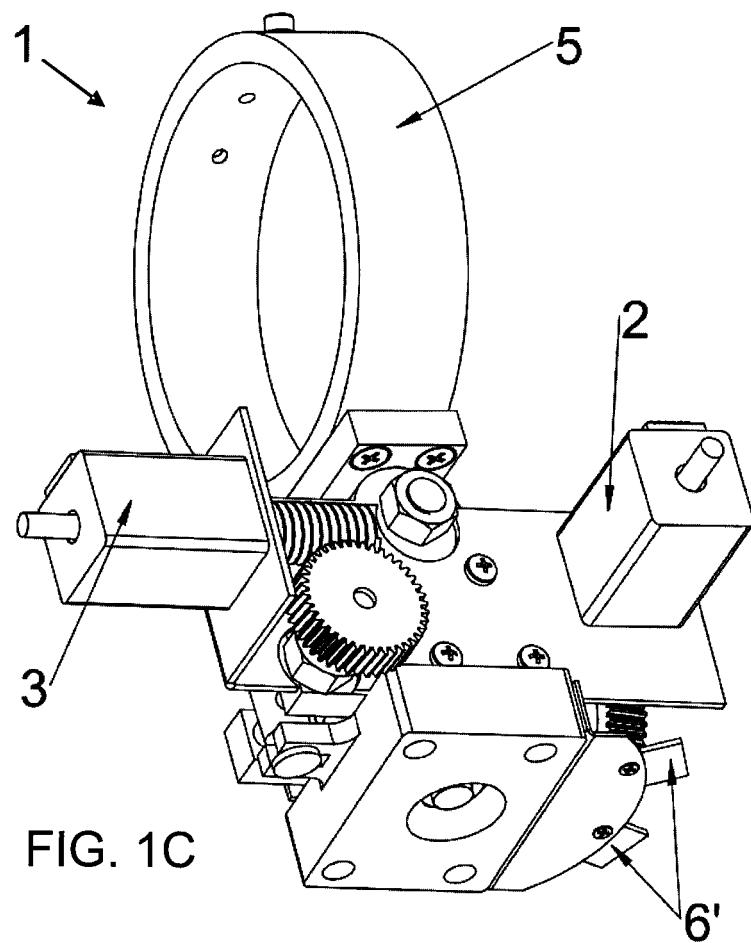
55 5. Aparato de guiado micrométrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los medios de transmisión de la fuerza motriz del motor de acimut (3) comprenden:

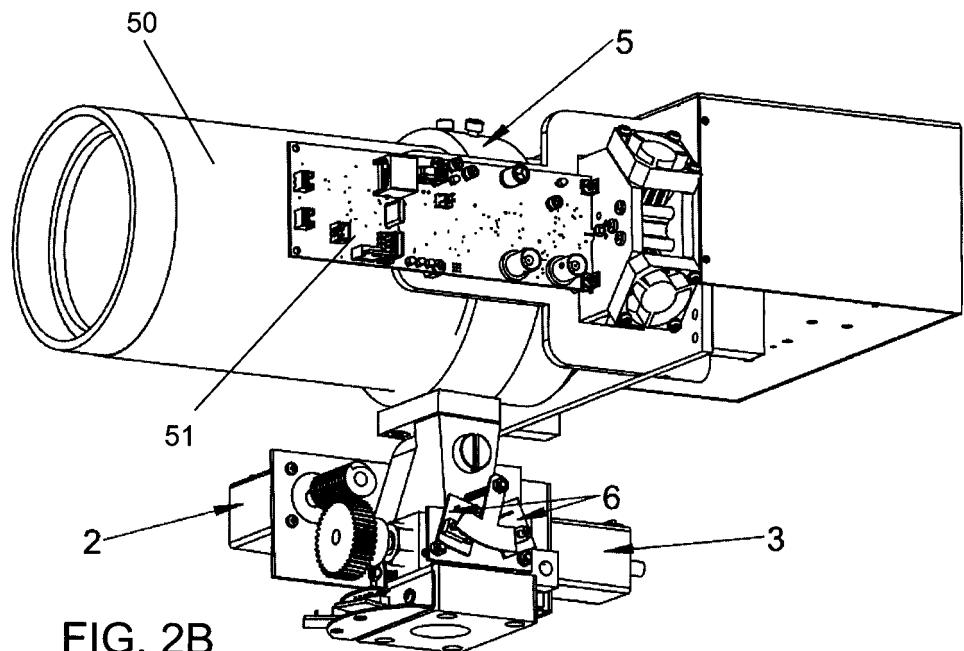
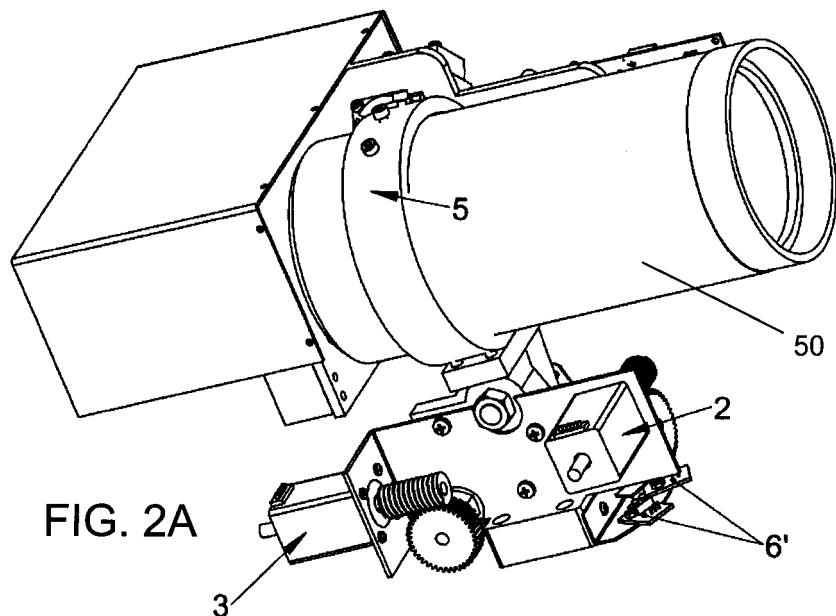
- un tornillo sin fin de acimut (12') que gira solidario al eje (22') del motor de acimut (3);
- una corona helicoidal de acimut (13') que engrana con el tornillo sin fin de acimut (12') y encargada de producir el giro de un perno de acimut (14') en torno a un eje de tracción de acimut (23');
- 65 - el perno de acimut (14'), con una parte roscada;

# ES 2 365 974 A1

- una tuerca de tracción de acimut (15') roscada al perno de acimut (14'), siendo dicha tuerca cilíndrica y con una ranura en el eje del cilindro;
  - una biela de acimut (16'), disponiendo en su extremo libre de una guía (19') para el ajuste de la ranura de la tuerca de tracción de acimut (15'), estando configurada dicha biela de acimut (16') para producir el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de acimut (20) cuando se produce un desplazamiento de la tuerca de tracción de acimut (15').
- 10 6. Aparato de guiado micrométrico según la reivindicación 5, donde el número de pasos por vuelta del motor de acimut (3), el paso de rosca del perno de acimut (14'), el número de dientes de la corona helicoidal de acimut (13') y la distancia de biela de acimut, definida como la distancia entre el eje de acimut (20) y la tuerca de tracción de acimut (15'), se configuran de forma que para cada paso del motor de acimut (3) el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de acimut (20) sea menor de 2 microradianes.
- 15 7. Aparato de guiado micrométrico según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 6, donde la biela de acimut (16') está encargada de la sustentación de los distintos componentes del aparato de guiado micrométrico (1), disponiendo dicha biela de acimut (16') de al menos un taladro para la fijación externa del aparato (1).
- 20 8. Aparato de guiado micrométrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios sensores fin de carrera de elevación para delimitar el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de elevación (21).
- 25 9. Aparato de guiado micrométrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios sensores fin de carrera de acimut para delimitar el giro del soporte de amarre (5) en torno al eje de acimut (20).
10. Aparato de guiado micrométrico según las reivindicaciones 8 y 9, donde los medios sensores fin de carrera de elevación comprenden:
- 30 - dos sensores fin de carrera de elevación (6) electroópticos reflexivos fijados a un bastidor (17) y dispuestos sobre la biela de acimut (16'); y
- un espejo de fin de carrera de elevación (30) fijado a la biela de elevación (16);
- 35 y donde los medios sensores fin de carrera de acimut comprenden:
- dos sensores fin de carrera de acimut (6') electroópticos reflexivos fijados a la biela de acimut (16'); y
- un espejo de fin de carrera de acimut (30') fijado al bastidor (17).
- 40 11. Aparato de guiado micrométrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un microcontrolador encargado de controlar los motores de elevación (2) y de acimut (3).
- 45 12. Aparato de guiado micrométrico según las reivindicaciones 10 y 11, donde el microcontrolador está configurado para, mediante un proceso de calibración para compensar las holguras mecánicas y electrónicas generadas, posicionar los espejos de fin de carrera (30, 30') en una posición de referencia centrada con respecto a los respectivos sensores fin de carrera (6, 6').
- 50
- 55
- 60
- 65







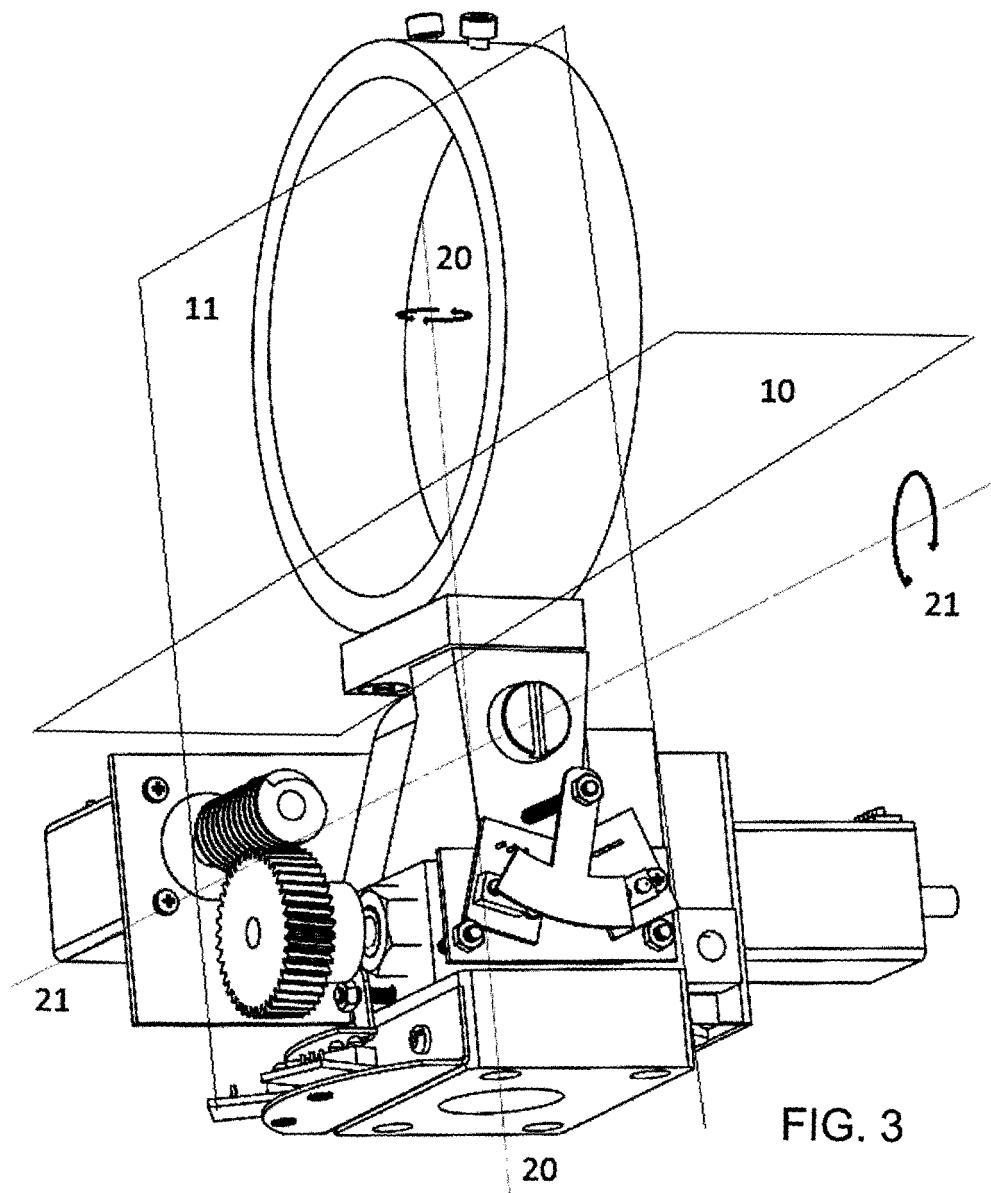


FIG. 3

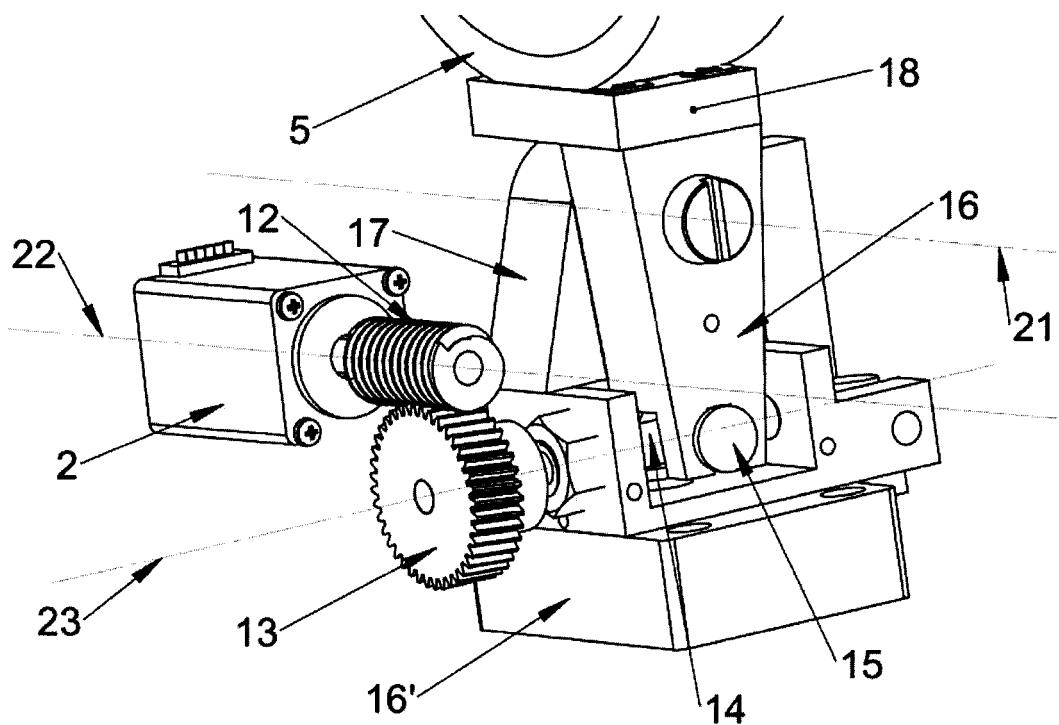


FIG. 4A

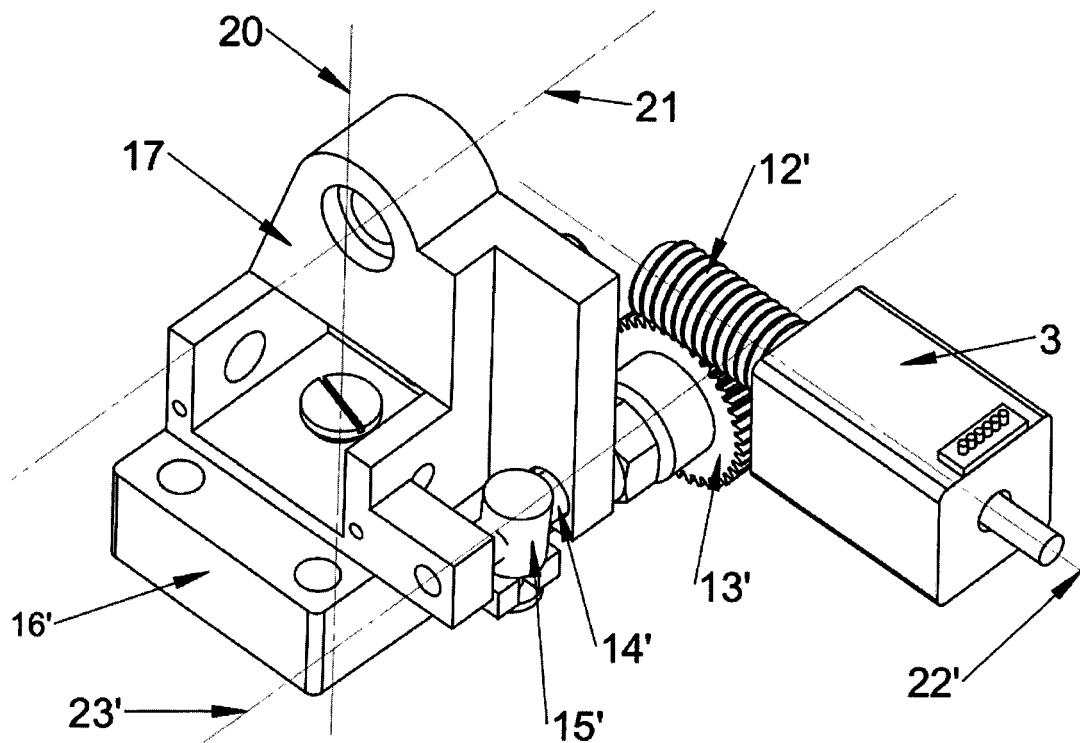
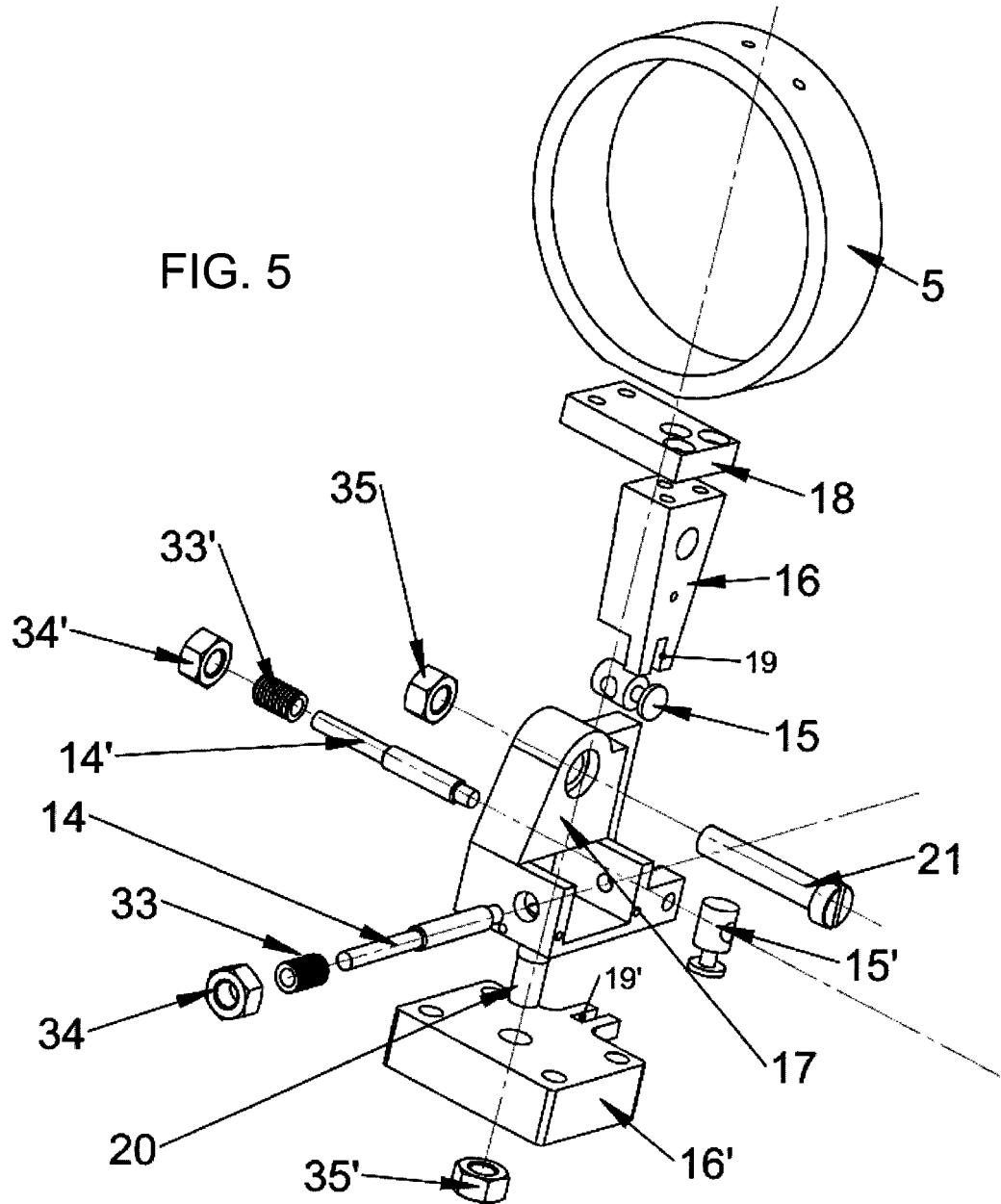


FIG. 4B

FIG. 5



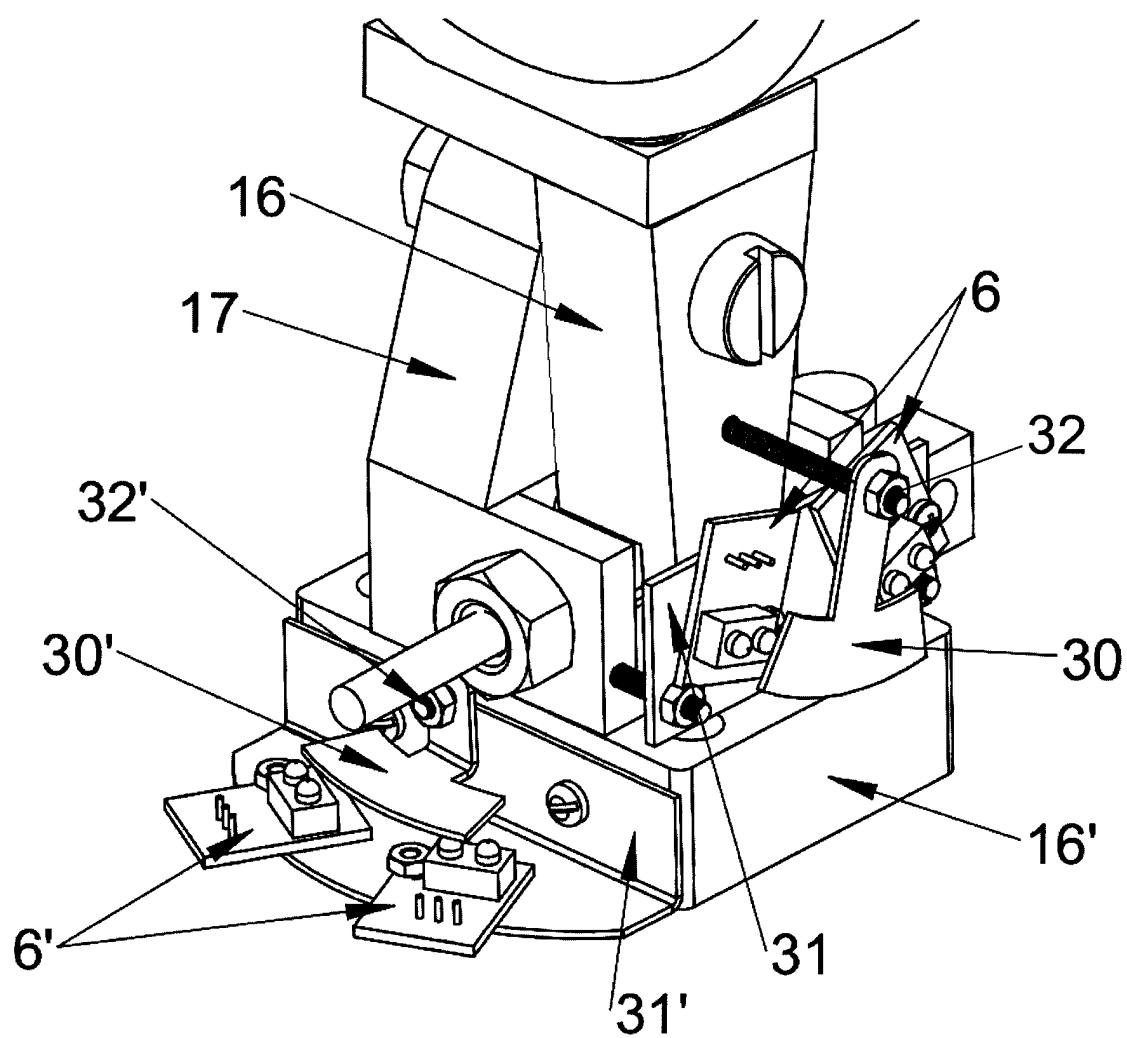


FIG. 6



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

②1 N.º solicitud: 201001622

②2 Fecha de presentación de la solicitud: 27.12.2010

③2 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤1 Int. Cl.: **G02B7/00** (2006.01)  
**F16M11/12** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 5850579 A (MELBY GORDON M et al.) 15.12.1998, columna 3, línea 48 – columna 7, línea 18; figuras.	1-12
X	US 5802412 A (KAHN PHILIP) 01.09.1998, columna 3, línea 24 – columna 6, línea 43; figuras 2-3.	1-12

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 29.09.2011	Examinador J. Calvo Herrando	Página 1/4
--	---------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B, F16M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.09.2011

**Declaración****Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 2-12  
Reivindicaciones 1

SI  
NO

**Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)**

Reivindicaciones  
Reivindicaciones 1-12

SI  
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 5850579 A (MELBY GORDON M et al.)	15.12.1998
D02	US 5802412 A (KAHN PHILIP)	01.09.1998

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto principal de la invención es un aparato de guiado micrométrico motorizado para la captación y el direccionamiento preciso de haces laser en el espacio libre. Se considera como el documento del estado de la técnica más próximo al objeto reivindicado el documento D01, el cual afecta a la novedad y a la actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explica a continuación:

**Reivindicación independiente R1**

El documento D01 divulga un dispositivo para montar una cámara con capacidad de rotación sobre dos ejes motorizados (pan/tilt). Este dispositivo comprende un soporte de amarre adecuado para sostener medios de comunicación óptica en el espacio libre y medios electromecánicos que actúan sobre el soporte de amarre para realizar giros: motores y drivers; medios de transmisión de fuerza (polea, ejes, tornillos sin fin, etc).

Por tanto, el objeto de la invención recogido en la reivindicación R1 ha sido divulgado idénticamente en el documento D01 y por tanto carece de novedad y actividad inventiva (Art. 6.1 y Art.8.1 LP)

**Reivindicaciones dependientes R2-R12**

La utilización de un tubo reflector catadióptrico y un transmisor laser como medios de comunicación óptica es simplemente una de varias posibilidades evidentes que un experto en la materia seleccionaría según las circunstancias, sin el ejercicio de actividad inventiva, para el direccionamiento preciso de haces láser.

No se indica nada en las reivindicaciones R3 y R5 que no sea conocimiento común en el campo de los soportes/cabezas motorizadas. La utilización de tornillos sin fin, coronas helicoidales, bielas y otros elementos configurados para suministrar fuerza motriz y actuar sobre un eje de giro es una técnica muy conocida que no implica actividad inventiva (Artículo 8.1 LP) a la luz de lo divulgado por los documentos D01 y D02 donde se utilizan los mismos elementos con configuraciones similares para obtener el mismo efecto técnico.

La resolución descrita por las reivindicaciones R4 y R6 donde cada paso de los motores en cada eje es menor a 2 microradianes se considera una opción de diseño ya que es un resultado que depende de la configuración de los elementos que forman los medios electromecánicos ya conocidos en el estado de la técnica.

El objeto en las reivindicaciones R7-R12 comprenden sólo modos de realización y no se puede considerar que implique actividad inventiva (Artículo 8.1 LP) ya que la utilización de un microcontrolador y sensores de fin de carrera para controlar y delimitar el giro del soporte de amarre es una técnica muy conocida y por lo tanto, obvia para un experto en la materia tal y como describen los documentos D01 y D02.

De acuerdo con las argumentaciones anteriormente establecidas, se considera que las reivindicaciones R2-R12 no implican actividad inventiva (Artículo 8.1 LP).