

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 373**

21 Número de solicitud: 201830331

51 Int. Cl.:

G03B 3/02	(2006.01)
G03B 15/03	(2006.01)
G03B 17/56	(2006.01)
F16M 11/04	(2006.01)
B23Q 1/25	(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

04.04.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

04.10.2019

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)
C/ Serrano, nº 117
28006 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**PRIETO BARRANCO, José;
GOBERNA SELMA, Consuelo y
CHACÓN GOMEZ, Francisco**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **EQUIPO COMPACTO DE FOTOGRAFÍA MACRO EXTREMO**

57 Resumen:

Equipo compacto de fotografía macro extremo. El equipo comprende una base (5) configurada para soportar al menos una cámara (2); una plataforma (3) sobre la base (5) con posibilidad de movimiento respecto a ella y configurada para soportar al menos un sujeto a fotografiar; un conjunto de iluminación (4) instalado al menos en la plataforma (3) o el módulo soporte de cámara (1), con posibilidad de movimiento para orientarse hacia el sujeto a fotografiar; un conjunto de movilidad que comprende al menos un motor inductivo que controla el desplazamiento de la plataforma (3) sobre la base (5) y que dispone de una primera pieza dispuesta en la base (5) y una segunda pieza dispuesta en la plataforma (3) tal que, mediante el desplazamiento de la primera pieza respecto a la segunda pieza se desplaza la plataforma (3) respecto a la base (5). La cámara (2) comprende una óptica de metrología.

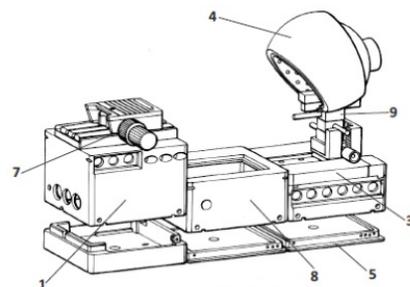


FIG. 1

ES 2 726 373 A1

DESCRIPCIÓN

EQUIPO COMPACTO DE FOTOGRAFÍA MACRO EXTREMO**5 OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se enmarca en el campo técnico de los aparatos para la toma de fotografías de foco infinito. Más concretamente se describe un equipo compacto, de sobremesa y universal, destinado a la toma de fotografías macro extremo (fotografía de foco infinito).

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La profundidad de campo es crítica cuando se utilizan ópticas de microscopio para recoger en el sensor de una cámara fotográfica la imagen de un objeto minúsculo. Estas ópticas se caracterizan por valores muy bajos de la profundidad de campo (d.o.f.), del orden de pocas micras. Así pues, solo una pequeña fracción de una fotografía capturada está en foco. Sin embargo, si después de una primera fotografía se acerca la cámara unas micras hacia el sujeto u objeto que se está fotografiando, la zona ahora en foco será una zona posterior y contigua a la anterior, que también se puede fotografiar. Si esta operación se realiza varias veces, se obtiene una colección de fotografías que permite asegurar que cualquier porción del sujeto/objeto esta en foco en al menos una de las fotografías capturadas.

El apilamiento de foco, conocido como "macro extremo", consiste en utilizar un software que combina todas las imágenes capturadas para obtener una sola fotografía en foco total. Para ello se selecciona de cada una de las imágenes obtenidas según el procedimiento anterior solo la pequeña fracción que aparece enfocada. Así la adición de todas las porciones en foco compone finalmente una única fotografía en foco total.

Para que el proceso matemático de la operación de apilamiento se realice correctamente, la distancia recorrida por la cámara entre foto y foto, durante la secuencia de toma de fotografías, se ha de mantener constante e igual a la profundidad de campo de la lente. Estos micro-desplazamientos se pueden conseguir de forma manual, con un nonius micrométrico, o bien de forma automática.

Se conocen en el estado de la técnica equipos comerciales para automatizar la secuencia de toma de las fotografías (en ocasiones es necesario tomar cientos de ellas). El más conocido de estos sistemas es *Stack Shot®*, que es un dispositivo que comprende un micro-rail programable, con motor paso a paso, y transmisión mecánica por tornillo sin fin. Este equipo permite a un aficionado montar una instalación a medida para la realización de una determinada fotografía. Algunos problemas asociados a este equipo, y otros similares, son que las instalaciones que se montan son voluminosas, que se desmontan después de haber realizado el trabajo para el que se ha configurado la instalación, y que para poder usar estos equipos es necesario tener conocimientos técnicos en el área de la fotografía y macrofotografía, además de conocimientos en electricidad, mecánica, electrónica y otras técnicas. Otro problema asociado a estos equipos es que no están pensados ni preparados para una aplicación en la que se desea mover el objeto a fotografiar en lugar de la cámara. La preparación y configuración de estos equipos comerciales para la realización de un trabajo es básicamente artesanal y a medida para cada aplicación diferente.

Se conocen también del estado de la técnica los documentos WO2012125519 y US2011123188 que describen equipos en los que se realiza el desplazamiento entre cámara y sujeto y la iluminación del mismo.

Más concretamente, en el documento WO2012125519 se describe un aparato macro fotográfico para crear imágenes apiladas de un sujeto. Comprende un miembro longitudinal rígido que tiene un eje longitudinal y que incluye un montaje de cámara sobre el mismo. Se puede fijar un dispositivo de traslación a dicho miembro para trasladar al sujeto a lo largo del mismo hacia y desde el soporte de la cámara. Asimismo comprende un dispositivo de rotación en el dispositivo de traslación que puede soportar al sujeto y permitir su rotación alrededor del primer y segundo eje que son perpendiculares al eje longitudinal del miembro longitudinal.

En el documento US2011123188 se describe un conjunto de toma de fotografías que incluye un riel controlado por un motor que simplifica y automatiza el proceso de tomar fotografías apiladas en foco. Este dispositivo se puede usar para mover incrementalmente una cámara u otro dispositivo fotográfico a una distancia programable hacia delante o hacia atrás en pasos precisos relativos a un objeto externo para facilitar la fotografía apilada en foco. El dispositivo puede incluir un conjunto de carril macro accionado por motor, un conjunto de controlador y una cámara. La cámara está unida a un carro de carril macro que es accionado por el

motor y el controlador. El dispositivo puede tener diferentes modos de operación (un modo de paso automático, un modo de distancia automática, un modo de distancia total, un modo de distancia por paso, un modo continuo y un modo manual) para producir mejores resultados en diferentes situaciones.

5

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es un equipo compacto para la toma de fotografías de marco extremo.

10

Se trata de un equipo de sobremesa universal que permite tomar este tipo de fotografías para cualquier aplicación como entomología, restauración de obras de arte, autenticación de documentos, joyería, numismática, investigación criminal, control de calidad y/o cualquier tipo de fotografía de sujetos de tamaños comprendidos entre

15 menos de 1mm y varios centímetros. El equipo propuesto es de sobremesa y compacto y por tanto es más apropiado que los montajes del estado de la técnica. Con el equipo propuesto se puede tomar sin necesidad de ninguna modificación o adaptación cualquier fotografía en el rango desde 20X (20 aumentos) hasta macro 1X y tamaño superior, varios centímetros, en este sentido se dice que es universal.

20

El equipo comprende una base que soporta al menos una cámara y una plataforma móvil, sobre la que se coloca el sujeto a fotografiar, dispuesta sobre la base y vinculada a ella.. Mientras que en los equipos o montajes del estado de la técnica es la cámara la que se mueve para obtener las sucesivas imágenes, en el equipo de la

25 presente invención el elemento que se desplaza es la plataforma, es decir, en el equipo descrito se desplaza micrométricamente el sujeto a fotografiar y no la cámara. Así, los desplazamientos micrométricos se ejecutan sobre un elemento de poca masa para reducir las vibraciones e inercias características de los sistemas macro extremo diseñados hasta el momento.

30

Forma parte del equipo un conjunto de movilidad configurado para controlar el desplazamiento de la plataforma de fijación del sujeto respecto a la base. En este caso, el conjunto de movilidad comprende al menos un motor inductivo de alta precisión que evita que haya vibraciones durante el proceso y como resultado se

35 obtienen imágenes más nítidas. En el estado de la técnica el desplazamiento de la cámara respecto al sujeto se realiza con un tornillo sinfín. Sin embargo, como los movimientos que hay que hacer para el apilamiento son del orden de micras, la

holgura del tornillo sin fin que desplaza la cámara es superior a lo que se quiere desplazar y por tanto hay menor repetitividad en dichos movimientos.

5 El motor inductivo dispone de una primera pieza y una segunda pieza unidas a la base y a la plataforma respectivamente. Estas piezas están montadas una sobre otra y el desplazamiento respectivo se realiza mediante campos magnéticos. Es importante destacar que en este tipo de sistemas de posicionamiento inductivo la posición de la pieza móvil se realimenta a un sistema de control (gestionado por un driver de motor) que así alcanza la posición de consigna con precisión.

10

Como particularidad, los casos en los que los sujetos son grandes y se fotografían con objetivos macro 1X convencionales (sin uso de lente de microscopio, con distancia focal fija) no necesitan de movimiento de aproximación para barrer el área de interés y también están contemplados en el objeto de esta invención. Para ello, este sistema comprende un sistema de control que actúa en este caso sobre el anillo de enfoque de un objetivo macro estándar en lugar de barrer las diferentes áreas de enfoque mediante microdesplazamientos, es decir, la presente invención, contempla también el caso en que se consigue el apilamiento mediante el enfoque del objetivo por zonas y no por movimiento.

20

La diferencia estriba en que una óptica de microscopio enfoca a una única distancia fija y por tanto para barrer la zona de foco de interés se usa el desplazamiento entre sujeto y cámara, pero, por el contrario, cuando se utiliza un objetivo convencional, el barrido de la zona de foco de interés se puede conseguir utilizando la capacidad de enfoque a diferentes distancias del propio objetivo. El control de los microdesplazamientos del anillo de enfoque de la cámara se consigue mediante control por un ordenador o bien mediante uso de un accesorio autónomo (anillo de control, comercial, F-Tube de Helicon) que actúa sobre el objetivo de la cámara moviendo automáticamente el anillo de enfoque una determinada cantidad de micropasos después de la acción de captura de cada una de las fotografías.

30

En un ejemplo de realización, el más habitual, consistente en el uso de ópticas de microscopio y desplazamiento del sujeto hacia la cámara entre foto y foto, el sistema de control del equipo está basado en el uso de un PLC (controlador lógico programable). Este sistema de control envía pulsos de control a la cámara para el disparo de cada fotografía (la cámara recibe este pulso mediante una toma estándar de control remoto). Para evitar vibraciones puede configurarse el sistema para el envío

35

de dos pulsos de control, el primero para levantar el espejo (reflex) de la cámara y el segundo para actuar sobre el obturador.

5 Entre fotografía y fotografía el sistema de control envía pulsos de control al motor inductivo, contenido bajo la plataforma de desplazamiento, para su avance entre foto y foto. La longitud del avance necesario es función de la magnificación de la óptica empleada (equivalente a su profundidad de campo, d.o.f.) y el sistema de control conoce previamente este dato que se ha introducido por teclado (en un ejemplo de realización mediante una interfaz de pantalla táctil del equipo). El sistema de control
10 basado en PLC envía una secuencia de n pulsos para desplazar el motor inductivo y n es mayor o menor según sea la óptica instalada.

En una realización preferente el avance por cada pulso recibido por el driver de motor puede ser de 1 micra. Mayor magnificación de la óptica implica menor profundidad de
15 campo y por tanto un número menor de pulsos, por lo que barrer todo el área de interés fotográfico conllevará más número de fotografías.

Por el contrario, si se ha seleccionado un objetivo estándar 1X con anillo de control F-Tube, el sistema de control no enviará pulsos para controlar el movimiento, solo
20 enviará los pulsos (señales) que corresponden al disparador, y en su caso al movimiento del espejo, y el anillo F-Tube actuará automáticamente moviendo el enfoque del objetivo entre foto y foto, que se moverá un determinado número de micropasos, que en este caso (enfoco mediante el anillo de enfoque de la cámara y no por movimiento del sujeto hacia la cámara) es función de la apertura de diafragma
25 elegida. Mayor apertura de diafragma implica menor profundidad de campo y por tanto menos micropasos de accionamiento del anillo de enfoque, lo que a su vez se traduce en más fotografías para barrer una determinada distancia de interés fotográfico.

Una característica esencial de la invención es que comprende y utiliza ópticas de
30 microscopio específicamente de gama metrológica. No se usan las ópticas convencionales de microscopio para uso en biología, las cuales se posicionan a aproximadamente 1mm del sujeto a fotografiar. Si este fuera el caso, al estar muy cerca la óptica respecto del sujeto, no se puedan emplear elementos de iluminación (no cabrían entre la cámara y el sujeto) y se utiliza un flash que sobredimensiona la
35 cantidad de luz y lo hace de forma tangencial.

El equipo descrito está diseñado para utilizar ópticas de microscopio de gama metrológica que pueden ser, en un ejemplo de realización, de alrededor de 30 mm de diámetro y en las que la distancia de trabajo entre óptica y sujeto es de 32-35mm. Esta característica contribuye a facilitar el empleo de dispositivos de luz que generan una
5 iluminación correcta del sujeto, y que proporcionan una luz continua (tipo LED) lo cual permite conocer de antemano el esquema de iluminación y evitar así la aparición de sombras no deseadas.

Por otra parte, cuando se utiliza el anillo de enfoque de un objetivo para barrer los
10 diferentes planos a enfocar, el sujeto cambia de tamaño entre foto y foto, pero cuando para buscar los diferentes planos de foco se utiliza el desplazamiento relativo entre óptica y sujeto (caso de las ópticas de microscopio), además de cambiar el tamaño del sujeto, también cambia el punto de vista de la óptica, puesto que ha cambiado la distancia relativa óptica-sujeto, y por lo tanto aparece una ligera aberración de barril
15 que aumenta cuanto más cercano está el sujeto.

Ahora bien, durante el procedimiento informático de apilado, la primera acción del software de apilamiento consiste en el alineamiento de la serie de fotografías efectuadas, pero este proceso de alineamiento de las fotos consecutivas (que corrige
20 el cambio de tamaño entre fotos) es mucho más complejo cuando se encuentra presente la aberración de barril correspondiente al cambio de punto de vista de la óptica. Por ello, la aparición de halos y “fantasmas” durante el procedimiento matemático de apilado hace mucho más complejo el tratamiento final de la fotografía apilada en este caso.

25 Por ello en esta invención se propone un ejemplo de realización en el que se emplean las ópticas de microscopio 20X, 10X y 5X en la versión de uso que implica el control del desplazamiento, pero en cambio, en lugar de utilizar ópticas de microscopio de magnificación 2X, se propone en su lugar el uso de un objetivo macro 1X con tubo de
30 extensión para obtener la magnificación 2X, junto con el control del anillo de enfoque (sin desplazamiento entre cámara y sujeto) debido a que así la posición relativa óptica/sujeto no cambia y se evita la aberración de barril. Esto mejora sustancialmente el resultado final obtenido, o en cualquier caso, reduce el tratamiento necesario para corregir la imagen final.

35 Un tubo de extensión es una extensión adicional que se instala entre el plano donde se forma la imagen y la óptica y su finalidad es conseguir que la imagen se forme justo

a la distancia focal de la óptica, un parámetro definido por cada fabricante de la óptica. La misión del tubo de extensión es clara con el uso de ópticas de microscopio, su función es ajustar la distancia focal entre óptica y sensor. Cuando se usa con objetivos convencionales provistos de enfoque variable su misión es la de aumentar la distancia focal para aumentar la magnificación de la óptica.

Otro ejemplo de realización o de posibilidad de uso del sistema descrito en esta invención es la de acoplar una óptica de microscopio inmediatamente delante de un objetivo macro 1X standard provisto de enfoque. En este caso el objetivo macro recibe la imagen ya magnificada por la óptica de microscopio, sea cual sea la distancia focal seleccionada por el anillo de enfoque y por tanto se puede barrer la zona de interés de foco como se ha descrito anteriormente, por uso del anillo de enfoque y no por desplazamiento. La calidad de la imagen obtenida no es la misma que la obtenida con la óptica de microscopio, tubo de extensión y el desplazamiento micrométrico del sujeto, pero permite utilizar el sistema de forma portátil, es decir, mediante un trípode, la cámara, el anillo F-Tube, el objetivo macro y la óptica de microscopio, todo ello un conjunto único y solidario, que permite que el sistema pueda ser utilizado de forma portátil en campo.

En este caso se configura la cámara para disparo continuo y se usa un disparador remoto con enclavamiento. Cuando la cámara hace un disparo, el anillo F-Tube cambia la posición del anillo de enfoque de forma que la siguiente foto se realiza a otra distancia focal y así sucesivamente hasta que se detiene la orden de disparos consecutivos desbloqueando el enclavamiento del disparador remoto. Si se desprecia un perímetro del 10% de la fotografía obtenida (zona de mayores aberraciones debida a la conjunción de ambas lentes) el resultado de la imagen obtenida es aceptable ópticamente hablando. En la fotografía de superficies planas en la que se barre una pequeña profundidad de campo el resultado es muy bueno (por ejemplo para obtener el relieve de la tinta impresa sobre papel moneda). Se ha estudiado y se han obtenido resultados muy satisfactorios con las ópticas 10X y 5X acopladas con un objetivo macro 1X.

Asimismo el equipo comprende un conjunto de diferentes elementos de iluminación con al menos un LED. En las soluciones del estado de la técnica es imposible prever cómo va a ser exactamente la iluminación final de la fotografía apilada y por tanto las sombras sobre el sujeto que genera el mismo. Además el empleo del flash genera imágenes planas. En la presente invención los elementos de iluminación están

incluidos en el propio equipo, en la base o en la plataforma y pueden seleccionarse diferentes configuraciones en función del tipo de sujeto y tamaño de este. Esto permite utilizar iluminación envolvente, similar a la de un estudio de fotografía, y es posible gracias al uso de ópticas de metrología, que utilizan una distancia entre óptica y sujeto de más de 30mm, lo que permite la instalación de focos o sistemas LED entre óptica y sujeto.

En los casos en los que el sujeto tiene un tamaño pequeño, como por ejemplo insectos de menos de 10mm, los elementos de iluminación están preferentemente montados en la plataforma móvil y por tanto se desplazan con ella y con el sujeto solidariamente. De esta forma, cuando se regula la orientación concreta de los elementos de iluminación, ésta posición se mantiene inamovible respecto al sujeto durante toda la secuencia de fotografías de forma que el esquema de iluminación no cambia.

El conjunto de elementos de iluminación del equipo está configurado de forma que los elementos de iluminación focalicen toda la iluminación en un punto (donde está dispuesto el sujeto). Todos los elementos de iluminación se pueden orientar y/o mover hacia dicho punto único de focalización de la luz. Una aplicación particular es una esfera de luz que permite seleccionar de entre 12 diferentes zonas de iluminación, orientadas y focalizadas hacia el centro, las más adecuadas para una fotografía en cuestión.

Otro accesorio de iluminación es efectivo para el tratamiento de imágenes forenses e incluye un módulo con diferentes focos de leds que emiten luz de longitudes de onda de interés forense, por ejemplo 365, 395, 410, 470, 505, 530, 620 y 850 nanómetros. Estas longitudes de onda pueden revelar fluidos biológicos, especiales características de tintas y otros fenómenos no observados con luz visible.

Este equipo compacto de sobremesa permite proceder a la toma de secuencias de fotografías para apilamientos de objetos de cualquier tamaño requerido, desde sujetos no visibles a simple vista hasta sujetos de varios centímetros. Su constitución compacta y el uso de un conjunto de movilidad por inducción evita las habituales vibraciones características del estado de la técnica y el conjunto de iluminación, que evita el uso de flash, es altamente eficiente para una composición correcta de la iluminación de la fotografía. Los resultados en términos de calidad y de rapidez son muy superiores a los obtenidos con los sistemas conocidos. El uso de ópticas de gama metrológica (no biológica como suele usarse en este campo) proporcionan una nitidez,

ausencia de distorsión y gama de color máxima, además de permitir una iluminación adecuada del sujeto.

Además el equipo propuesto es un equipo de sobremesa y ocupa un espacio mínimo,
5 a diferencia de cualquier equipo o montaje conocido previamente. Otra ventaja es que siempre está listo para ser usado y permite obtener un apilamiento de cientos de fotografías de muy alta calidad en pocos minutos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se
15 ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra la vista del equipo compacto de fotografía macro extremo . No se ha representado la cámara y en este ejemplo se muestra una esfera de luz como fuente de iluminación.

20

Figura 2.- Muestra un ejemplo sistema de iluminación tipo esfera de luz, que contiene el soporte del sujeto, sobre un posicionador de cinco ejes.

Figura 3.- Muestra el módulo de extensión, equipo externo al conjunto principal del
25 equipo, para fotografía de sujetos de varios centímetros (incluye su sistema propio de iluminación).

Figura 4.- Muestra un accesorio del equipo para soporte de sujetos de gran tamaño que puede instalarse tanto en el conjunto principal como en el módulo de extensión.

30

Figura 5.- Muestra un accesorio del equipo para el uso en fotografía balística. La base del accesorio es compatible con la plataforma del conjunto principal y con el módulo de extensión.

Figuras 6A-D.- Muestran varias realizaciones del equipo de la invención con cámaras con
35 diferentes ópticas para poder adaptarse al sujeto a fotografiar.

Figura 7.- Muestra una fotografía obtenida de tinta de impresión en un billete de 50€ (2x3mm), óptica 10X.

Figura 8.- Muestra una fotografía obtenida de fibras de celulosa en un folio (2x3mm),
5 óptica 10X.

Figura 9.- Muestra una fotografía obtenida de marcas en una bala provenientes de la
estrías del cañón de un arma (2x3mm), óptica 10X.

10 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A continuación se describe, con ayuda de las figuras 1 a 9, unos ejemplos de
realización de la presente invención.

15 Como se puede observar en la figura 1, el equipo compacto de fotografía macro
extremo comprende una base (5) que soporta un módulo para fijación de la cámara
(1), un módulo de control (8), que puede ser un PLC con pantalla táctil, y una
plataforma (3) dispuesta sobre la base (5) y con posibilidad de movimiento respecto a
ella. La base (5) está configurada para soportar al menos una cámara (2), como se
20 observa en las figuras 6A-D. La plataforma (3) está configurada para soportar al
menos un sujeto a fotografiar. Además sobre la plataforma (3) se puede instalar un
posicionador de al menos dos ejes, y preferentemente de cinco ejes, para fijar al sujeto
y orientarlo, un conjunto de iluminación (que puede ser por ejemplo una esfera de luz)
y una pluralidad de accesorios.

25

El posicionador, preferentemente posicionador de cinco ejes, permite orientar en
cualquier dirección el sujeto a fotografiar respecto a la cámara. En un ejemplo de
realización en el que el conjunto de iluminación es una esfera de luz, ésta contiene un
grupo de LED's orientados radialmente sobre el sujeto a fotografiar. El conjunto de
30 iluminación aporta como ventaja que el esquema de sombras y luces es conocido
antes de realizar la fotografía, contrariamente a lo que sucede con un flash.

Asimismo el equipo puede comprender un conjunto de iluminación adicional con
elementos de iluminación (4) que incluyen al menos un LED y que están instalados en
35 la plataforma (3) o en el módulo soporte de la cámara (1). Los elementos de
iluminación tienen posibilidad de movimiento para orientarse hacia el sujeto a
fotografiar.

Comprende también un conjunto de movilidad que comprende al menos un motor inductivo. El motor inductivo está dispuesto bajo la plataforma (3) y está configurado para controlar el desplazamiento micrométrico de la plataforma (3) respecto a la base(5).

Una característica esencial del equipo propuesto es que se utilizan específicamente ópticas de metrología, acopladas a la cámara mediante el apropiado tubo de extensión.

En un ejemplo de realización el equipo comprende una esfera de luz (4) con espacio libre en su interior y que comprende al menos una abertura. Dicha esfera de luz (4) está unida a la plataforma (3) y en su interior se coloca el sujeto a fotografiar. La abertura de la esfera de luz (4) queda orientada hacia la cámara (2).

Esta realización, que se puede observar en la figura 1, está especialmente indicada para los casos en los que el sujeto a fotografiar es de pequeño tamaño. En estos casos es esencial que no se produzcan sombras durante la toma de las imágenes y esta configuración permite asegurar que así sea. Como la esfera de luz está unida a la plataforma (3), se mueve con ella y con el sujeto, asegurando que el conjunto de iluminación se mantiene siempre en la misma posición relativa respecto al sujeto.

En este ejemplo de realización en el que el elemento de iluminación es una esfera de luz, ésta es además solidaria a un soporte del sujeto que se encuentra sobre el posicionador de cinco ejes y por tanto se orienta siempre junto con el sujeto cuando se acciona el posicionador de cinco ejes que controla el ángulo de orientación del sujeto. El soporte del sujeto es cualquier accesorio que permita fijar diferentes tipos de sujetos sobre el posicionador de cinco ejes. Este conjunto posicionador-soporte-esfera (figura 2) permite diferentes tipos de manipulación, pudiéndose extraer/posicionar al sujeto dentro de la esfera o retirar la misma para el posicionamiento del sujeto y colocar la esfera una vez el sujeto esté orientado. Esto es muy útil para la realización de series de fotografías equivalentes de diferentes objetos similares.

En la figura 2 se muestra una vista de la esfera de luz (4). En un ejemplo de realización dispone de 72 LEDs de haz cerrado y alta intensidad que se agrupan en 12 secciones de 6 LEDs con control independiente para cada sección. Además la esfera de luz (4) puede comprender un accesorio trasero configurado para instalar fondos y/o

para controlar la retroiluminación del sujeto, lo cual se consigue con un grupo de LEDs independientes instalados a este efecto en la sección trasera de la esfera. En dicha figura 2 se aprecia una realización en la que la esfera de luz (4) está montada sobre un desplazador vertical (11) que está vinculado al posicionador (9). Se pueden ver
5 también un soporte para el sujeto (13) y el sujeto (12).

En otros ejemplos de realización los elementos de iluminación (4) están unidos a la base (1) y por tanto no se desplazan siguiendo el mismo movimiento que el sujeto (es decir, el movimiento de la plataforma (3)). Generalmente esta configuración del equipo
10 se emplea cuando el sujeto tiene unas dimensiones mayores y por tanto se utilizan ópticas 1X con control del anillo de enfoque por lo que la posición relativa óptica/sujeto no cambia durante las sucesivas fotografías.

Otro conjunto de iluminación puede consistir en un foco, que en un ejemplo de
15 realización preferente es troncocónico y que podría ser un foco cónico, un foco esférico o un foco con una configuración de paralelepípedo, envolvente con 32 LEDs que se monta directamente sobre la óptica de microscopio y que comprende un sándwich de varias capas que contiene en su interior los LEDs de alta intensidad y se acopla envolviendo dicha óptica de microscopio, sin interferir con la distancia de
20 trabajo óptica-sujeto que en estas lentes de configuración metrológica usadas en este equipo es de aproximadamente 33mm. Este sistema de iluminación es muy práctico para fotografiar superficies sin volumen (planas).

En otras configuraciones, para fotografiar objetos voluminosos que no se puedan
25 contener en el interior de la esfera de LEDs (4), el equipo puede comprender una pluralidad de focos-flexo (17), por ejemplo tres en cada lado de la base (1), o por ejemplo, seis en un módulo de extensión (15). El módulo de extensión (15) se puede observar por ejemplo en la figura 3, y es una unidad externa necesaria para fotografiar objetos de gran tamaño, ya que en este caso la distancia cámara-sujeto es
30 considerablemente mayor que la necesaria para objetos muy pequeños. Un conjunto de interruptores (16) permite configurar el esquema de iluminación sobre el sujeto.

En una realización preferente de la invención el equipo comprende un módulo de fijación de la cámara (6) en el que se posiciona la cámara (2) para su soporte sobre la
35 base (1). Este módulo de fijación (6) comprende un deslizador de cremallera (7) para ajuste fino del foco de la primera fotografía de la serie. Es decir, el deslizador de cremallera (7) permite desplazar la cámara (2) en la base (1) hasta la posición

concreta en la que queda enfocada la primera imagen de interés del sujeto para la toma de la primera fotografía. De esta posición es de la que se parte para realizar la toma de todas las imágenes consecutivas para el apilamiento. Esto sucede acercando el sujeto a la óptica, por lo que cada vez el plano de enfoque está más retrasado que el anterior (ya que la distancia focal es fija en las ópticas de microscopio).

Preferentemente el equipo comprende también un módulo programador (8) PLC para la programación de la distancia de desplazamiento, la localización de principio y fin de carrera y otros parámetros, incluida la configuración. Se emplea por ejemplo para indicar el tipo de óptica para que el sistema calcule la distancia de avance entre fotografías, seleccionar el tipo de acción de control correspondiente a la modalidad de uso del sistema (control de anillo de enfoque o desplazamiento micrométrico), seleccionar entre la posibilidad de levantar el espejo de la cámara unas décimas de segundo antes de la toma de la fotografía o no hacerlo, y otras posibilidades de configuración.

El módulo programador (8) controla el avance de motor, el movimiento del espejo de la cámara (2) y el disparo de la cámara (2). Las cámaras *reflex* disponen de un espejo interior para permitir que la luz llegue alternativamente al visor o al sensor. El movimiento de este espejo provoca grandes vibraciones por lo que en fotografías de gran magnificación (aumento) puede configurarse el que en un primer paso se mueva el espejo para posteriormente mover la cortinilla del diafragma en ausencia de vibración, y esto se realiza así para los cientos de fotografías consecutivas. Ciertos fabricantes de cámaras evitan esta problemática mediante hardware incluido en la cámara, pero no es lo habitual.

Como se ha descrito previamente, el movimiento de la plataforma (3) que soporta al sujeto a fotografiar se controla mediante un motor inductivo (basado en campos magnéticos). En un ejemplo de realización dicho motor permite desplazamientos de 1 micra con precisión de 0.05 micras, y es de desplazamiento instantáneo. Debido a que existe un lazo de control de posición retroalimentado no se acumulan errores de desplazamiento.

En un ejemplo de realización, la plataforma (3) soporta una torre de posicionamiento micrométrico (9) o posicionador de cinco ejes, que tiene libertad de movimiento en cinco ejes (el sexto es la dirección del movimiento del sujeto hacia la lente de la cámara y que es el que se realiza mediante el movimiento de la plataforma (3)) para el

posicionamiento del sujeto. Los seis grados de libertad posibles son el avance del sujeto (x), la altura (y), el desplazamiento lateral (z) y las tres rotaciones sobre dichos ejes.

- 5 En los casos en los que se quieren fotografiar sujetos de tamaño superior a 24x36mm (24x36mm es el tamaño de un sensor FX, que determina la magnificación 1X), la distancia entre la cámara (2) y el sujeto ha de ser superior a la que se emplea para toma de fotografías de sujetos de menor tamaño. Un ejemplo podría ser cuando un entomólogo fotografía una mariposa de 10cm de envergadura, en lugar de un pequeño
10 insecto, o cuando la Policía Científica fotografía unas huellas digitales reveladas en un arma, en lugar de las estrías presentes en una bala que ha sido disparada.

Para estos casos, el equipo puede comprender adicionalmente el módulo de extensión previamente descrito, con una base externa separada de la base (1) principal. El
15 módulo de extensión comprende una plataforma de extensión que es equivalente en sus dimensiones y fijaciones a la plataforma (3) previamente descrita, con el objeto de poder compartir los mismos accesorios que se utilizan en ella. Este módulo de extensión contiene un conjunto de iluminación adicional (además de poder compartir los otros sistemas ya comentados) y está destinada a instalarse a una distancia de
20 entre 10cm y 60 cm centímetros de la base (1), y que permite alejar al sujeto de la cámara (2) la distancia necesaria para que un sujeto de tamaño grande quede encuadrado en todo su perímetro.

En la figura 4 se observa un segundo accesorio del equipo, para soporte de sujetos de
25 gran tamaño, que puede instalarse bien en la plataforma (3) de desplazamiento micrométrico o bien sobre el módulo de extensión (15). Comprende una base de trabajo (19) articulada mediante rótula (18), y permite posicionar al sujeto sobre dicha base de trabajo (19) o sobre diferentes piezas de fijación de soportes (20), e incluye además en su parte inferior un desplazador vertical (11) para desplazamiento vertical del conjunto.
30 Puede instalarse sobre la plataforma (3) del equipo principal en fotografía micro y macro hasta 1X o en el módulo de extensión (15) para objetos de mayor tamaño, para fotografía macro 1X o 1X+.

En otro ejemplo de aplicación de la invención, el equipo comprende un accesorio como
35 el mostrado en la figura 5, para la toma de fotografías macro extremo de proyectiles, para la comparación de las estrías dejadas sobre su superficie al circular por el alma del cañón de un arma y que tiene como objetivo final utilizarse en un juicio como

prueba. El protocolo de actuación es estricto y el proyectil o bala ha de ser fotografiado en diferentes ángulos, rotaciones y posiciones. El accesorio mostrado en la figura 5 permite fijar un proyectil y rotarlo en cuatro ejes diferentes. Incluye también una guía micrométrica de deslizamiento en el eje ascendente-descendente para su
5 posicionamiento correcto frente al objetivo de la cámara (2). Asimismo comprende un desplazador vertical (11) para desplazamiento vertical del conjunto, un desplazador lateral (21), un elemento que permite la rotación sobre el eje z (22), un elemento que permite la rotación en el eje de la óptica (23) y otro elemento que permite la rotación en el eje del proyectil (24).

10

En un modo de uso convencional del equipo, preferentemente se emplea, para las magnificaciones 20X, 10X y 5X (ópticas de microscopio) el control de posicionamiento micrométrico, y para 2X y objetos de mayor tamaño un objetivo macro standard 1X con control de enfoque. Las posibles combinaciones de ópticas estándar, acordes al
15 tamaño del objeto a fotografiar, y que cubren el espectro completo de diferentes tamaños de posibles objetos (puede verse aquí el tamaño del encuadre efectivo para cada combinación) son:

20

20X// Óptica - 20X y tubo de extensión. Modo de control mediante desplazamiento de la plataforma inductiva. D.O.F. 1,6 micras. **Encuadre de 1,2x1,8 mm.** Work distance 20mm.

25

10X// Óptica - 10X y tubo de extensión. Modo de control mediante desplazamiento de la plataforma inductiva. D.O.F. 3,5 micras. **Encuadre de 2,4x3,6 mm.** Work distance 33mm.

30

5X// Óptica - 5X y tubo de extensión. Modo de control mediante desplazamiento de la plataforma inductiva. D.O.F. 14 micras. **Encuadre de 4,8x7,2 mm.** Work distance 34mm.

35

2X// Objetivo Macro 105mm (o equivalente) + anillo de control de enfoque + anillos extensión (36+20mm) con transmisión de enfoque. Modo de control por movimiento del anillo de enfoque (sin desplazamiento). **Encuadre de 12x18mm.** Work distance 118mm.

1X// Objetivo Macro 105mm (o equivalente) + anillo de control de enfoque. Modo de control por movimiento del anillo de enfoque (sin desplazamiento). **Encuadre de 24x36mm**. Work distance 314mm.

- 5 **1X+//** Objetivo Macro 105mm (o equivalente) + anillo de control de enfoque. Modo de control por movimiento del anillo de enfoque (sin desplazamiento). **Se utiliza el módulo de extensión 2A** (accesorio soporte/iluminación) que permite separar lo suficiente el sujeto de la óptica. **Encuadre > 24x36mm**. Work distance >314mm.
- 10 Para trabajar con el equipo descrito primeramente hay que elegir la configuración y óptica adecuada (según la relación anterior) para el tamaño del sujeto a fotografiar y posicionar el sujeto en su soporte correspondiente (directamente sobre la plataforma (3), sobre el posicionador (9), sobre el primer accesorio, sobre el segundo accesorio, sobre el tercer accesorio...), orientarlo y encuadrarlo haciendo uso del sistema de
- 15 posicionamiento micrométrico de cinco ejes.

Posteriormente se selecciona en el módulo programador (8) la óptica utilizada para que el módulo programador (8) determine el espaciado entre fotos consecutivas, es decir, la distancia en micras que se va a desplazar la plataforma (3) entre cada toma.

- 20 Posteriormente se mueve la cámara (2) con el deslizador de cremallera hasta encontrar el primer punto de enfoque del sujeto, donde por primera vez un punto del sujeto aparece en foco. Este punto es el comienzo de la serie y se selecciona en la pantalla táctil. Posteriormente se desplaza la plataforma (3) con el sujeto hasta que se haya barrido toda la profundidad de interés fotográfico, el último punto de interés
- 25 determina el final de la serie (última fotografía) y se selecciona en la pantalla táctil. En este momento ya no es necesario introducir más datos en el equipo y se procede a tomar todas las fotografías. Posteriormente, mediante el software apropiado se realiza el apilamiento de las fotografías para la obtención de la fotografía final en foco infinito.

- 30 En el caso de que se utilice un objetivo macro estándar (situación ausente de desplazamientos) los pasos a seguir son los mismos, con la excepción de que el sistema de control se limitará al disparo de la serie de fotografías y el anillo F-Tube se encargará del movimiento del enfoque de la cámara según se ha comentado.

- 35 La presente invención describe también un equipo alternativo que permite tomar fotografías en macro extremo de forma portátil. En este caso se considera el montaje de una óptica 5X o 10X de microscopio sobre el objetivo macro 1X, controlándose el

apilamiento de forma totalmente automática con un anillo *Helicon FB Tube* (foco y disparo). Para el uso portátil del sistema ya se ha descrito el uso de un disparador externo con enclavamiento (además de seleccionar en la cámara el disparo tipo continuo) para la realización autónoma de la serie de fotografías.

5

En este caso de utilización portátil no se dispone del sistema de control basado en PLC, por ello, para evitar las vibraciones resultantes del movimiento del espejo de la cámara (2), se pueden disparar las fotografías en modo de visualización en la pantalla de la cámara (menos apropiado pues la cámara puede generar ruido electromagnético por calentamiento), en este caso mientras se encuentre enclavado el disparador remoto, el espejo se mantendrá continuamente en su posición levantada.

El equipo propuesto demuestra ser efectivo y permite realizar macro extremo con ópticas convencionales. La novedad estriba en que instalando una óptica de microscopio como las utilizadas en este equipo inmediatamente delante del objetivo a 1X standard, sí es posible obtener fotografías para la técnica macro extremo. Esto es una gran ventaja ya que permite el uso portátil de la técnica, instalando la cámara (2) sobre un trípode, con solo los accesorios descritos: el sistema óptico (objetivo 1X standard y una óptica de microscopio) y el *anillo FB Tube*. Esto es de vital importancia por ejemplo para la Policía Científica, ya que permite disponer de un sistema macro extremo portátil que puede ser empleado directamente en el escenario del crimen sin tener que transportar el medio a fotografiar hasta el laboratorio. Hasta ahora, en los documentos conocidos del estado de la técnica y literatura relacionada se indicaba que esta unión de ópticas no es posible, sin embargo, durante el proceso de desarrollo de la presente invención ha quedado comprobado que sí se pueden realizar fotografías macro extremo de alta calidad utilizando esta técnica.

En las figuras 7 a 9 se muestran unas fotografías tomadas con el equipo de la presente invención. Más concretamente se puede ver, en la figura 7, una fotografía obtenida de tinta de impresión en un billete de 50€ (2x3mm), óptica 10x; en la figura 8, una fotografía obtenida de fibras de celulosa en un folio (2x3mm), óptica 10x; en la figura 9 una fotografía obtenida de marcas en una bala provenientes de la estrías del cañón de un arma (2x3mm), óptica 10x.

35

REIVINDICACIONES

- 1.- Equipo compacto de fotografía macro extremo caracterizado por que comprende:
5 -una base (5) configurada para soportar al menos una cámara (2) sobre su módulo de fijación (1);
-una plataforma (3) dispuesta sobre la base (5) y con posibilidad de movimiento respecto a ella, y dicha plataforma (3) está configurada para soportar al menos un sujeto a fotografiar;
-un conjunto de iluminación (4) instalado al menos en la plataforma (3) o el módulo (1)
10 y con posibilidad de movimiento para orientarse hacia el sujeto a fotografiar;
-un conjunto de movilidad que comprende al menos un motor inductivo que controla el desplazamiento de la plataforma (3) sobre la base (5).
- 2.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 1
15 caracterizado por que el motor inductivo comprende una primera pieza dispuesta en la base (5) y una segunda pieza dispuesta en la plataforma (3) tal que, mediante el desplazamiento de la primera pieza respecto a la segunda pieza se desplaza la plataforma (3) respecto a la base (5).
- 20 3.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 1 caracterizado por que la cámara (2) comprende una óptica de metrología.
- 4.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 3
25 caracterizado por que comprende adicionalmente un tubo de extensión configurado para acoplar la óptica de metrología a la cámara (2).
- 5.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 1
30 caracterizado por que sobre la plataforma (3) se encuentra un posicionador de al menos dos ejes sobre el que se coloca el sujeto a fotografiar y que tiene posibilidad de movimiento en hasta cinco ejes tal que, al variar su posición se varía la orientación del sujeto respecto a la cámara (2).
- 6.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 5
35 caracterizado por que el posicionador es un posicionador de cinco ejes.
- 7.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 1
caracterizado por que el conjunto de iluminación (4) es una esfera de luz, instalada en

la plataforma (3) que comprende un espacio interior hueco destinado a alojar el sujeto a fotografiar y una abertura orientada hacia la cámara (2).

5 8.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según las reivindicaciones 5 y 7 caracterizado por que la esfera de luz está unida al posicionador de forma que, al moverse el posicionador de cinco ejes, se mueve la esfera de luz y el sujeto solidariamente.

10 9.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 1 caracterizado por que el conjunto de iluminación (4) comprende unos elementos de iluminación con al menos un LED.

15 10.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 1 caracterizado por que el conjunto de iluminación (4) es un foco troncocónico que se encuentra alrededor del objetivo de la cámara (2).

20 11.- Equipo compacto de fotografía macro extremo según la reivindicación 10 caracterizado por que el foco, o conjunto de focos, se selecciona entre un foco troncocónico, un foco cónico, un foco esférico o un foco con una configuración de paralelepípedo.

25 12.- Equipo compacto de fotografía de macro extremo según la reivindicación 1 caracterizado por que el conjunto de iluminación (4) comprende unos focos tipo flexo que son orientables y que están dispuestos en el módulo (1) de fijación de la cámara.

13.- Equipo compacto de fotografía de macro extremo según la reivindicación 1 caracterizado por que comprende un módulo de fijación de la cámara (1) acoplado a la base (5) y configurado para recibir la cámara (2).

30 14.- Equipo compacto de fotografía de macro extremo según la reivindicación 13 caracterizado por que comprende adicionalmente un deslizador de cremallera (7) configurado para controlar milimétricamente el desplazamiento de la cámara (2) respecto al sujeto a fotografiar.

35 15.- Equipo compacto de fotografía de macro extremo según la reivindicación 1 caracterizado por que comprende adicionalmente un módulo programador (8) PLC

configurado para controlar el desplazamiento de la plataforma (3) respecto a la base (1) y para controlar el accionamiento de la cámara (2).

5 16.- Equipo compacto de fotografía de macro extremo según la reivindicación 1
caracterizado por que adicionalmente comprende un módulo de extensión con una
base externa (15), una plataforma de extensión con medidas iguales a las de la
plataforma (3) y un conjunto de iluminación adicional, y que está unido a la base (15)
mediante unas guías configuradas para unirlos a una determinada distancia que es
función del tamaño del sujeto a fotografiar.

10

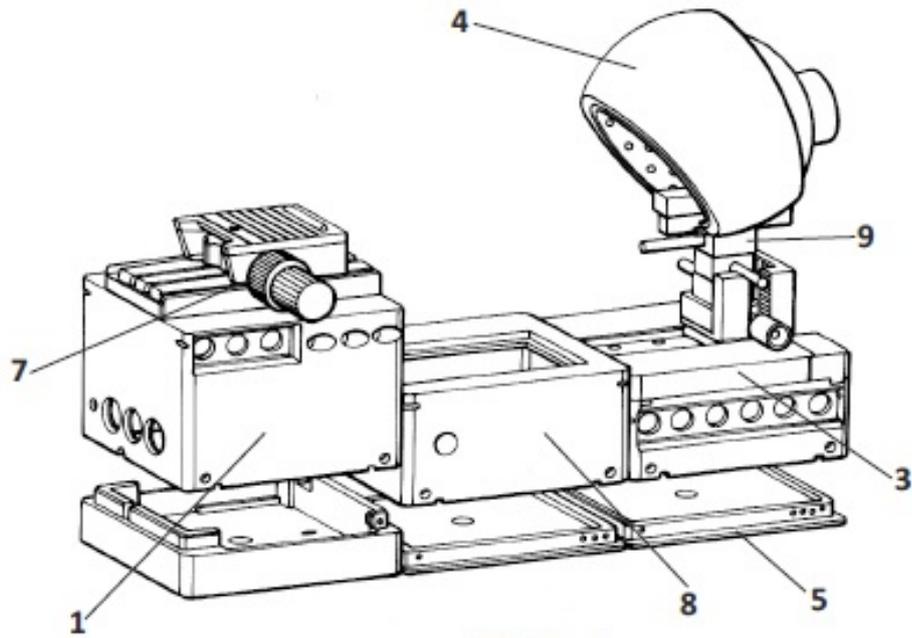


FIG. 1

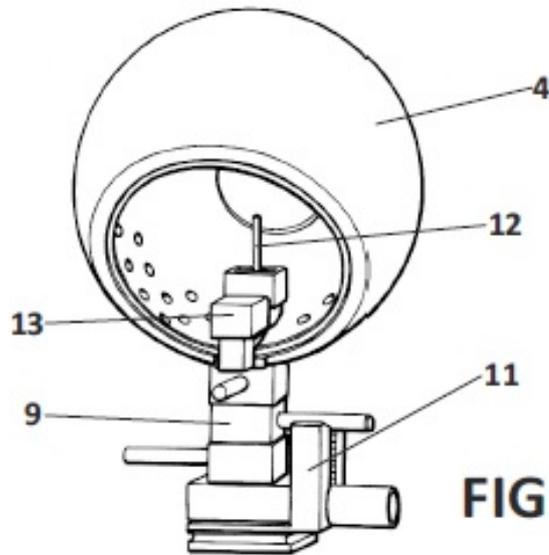


FIG. 2

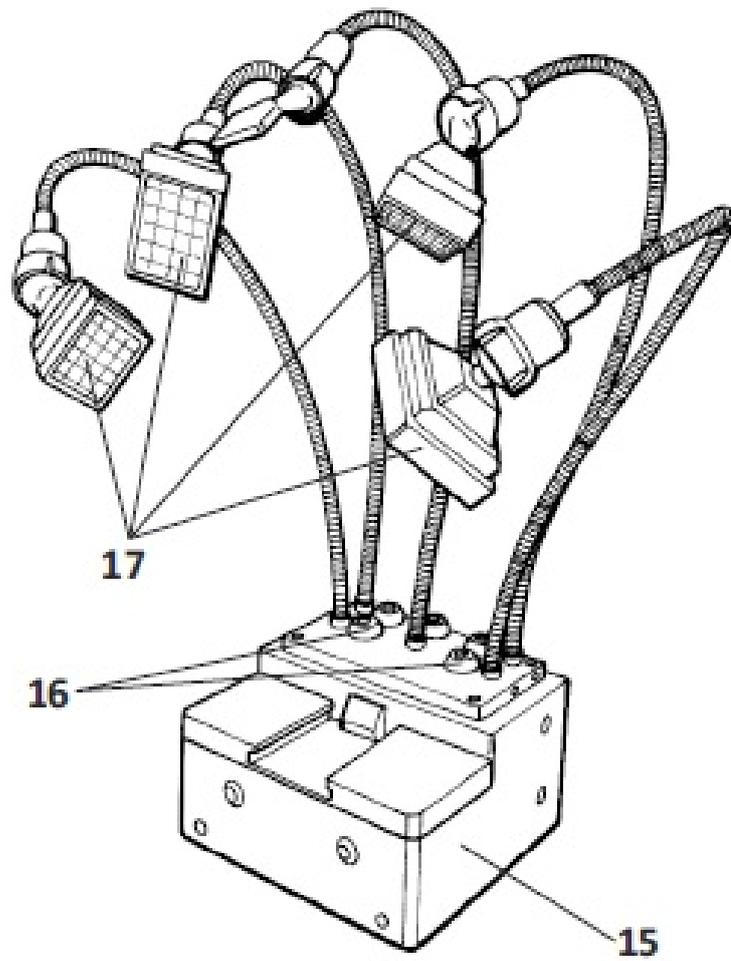
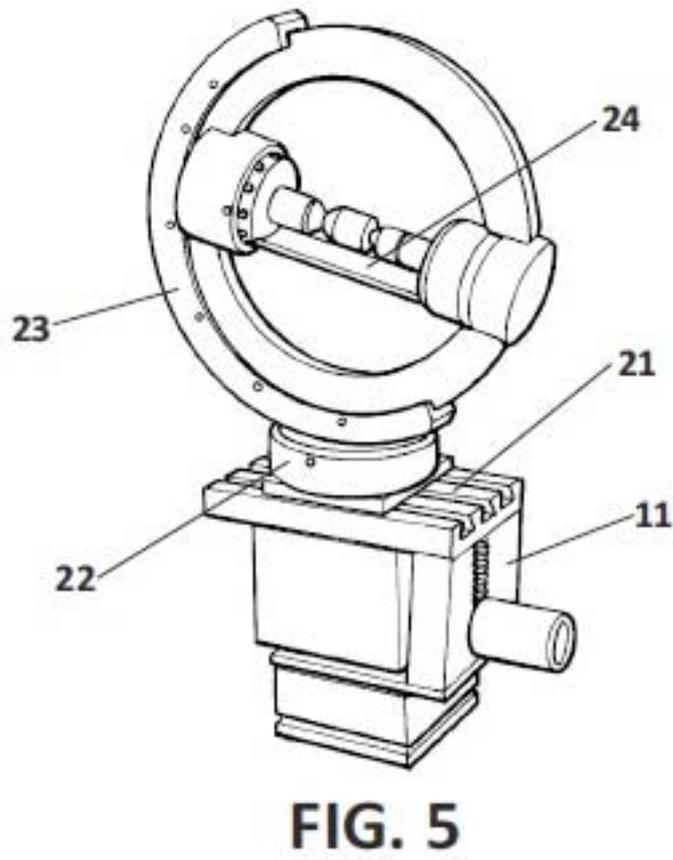
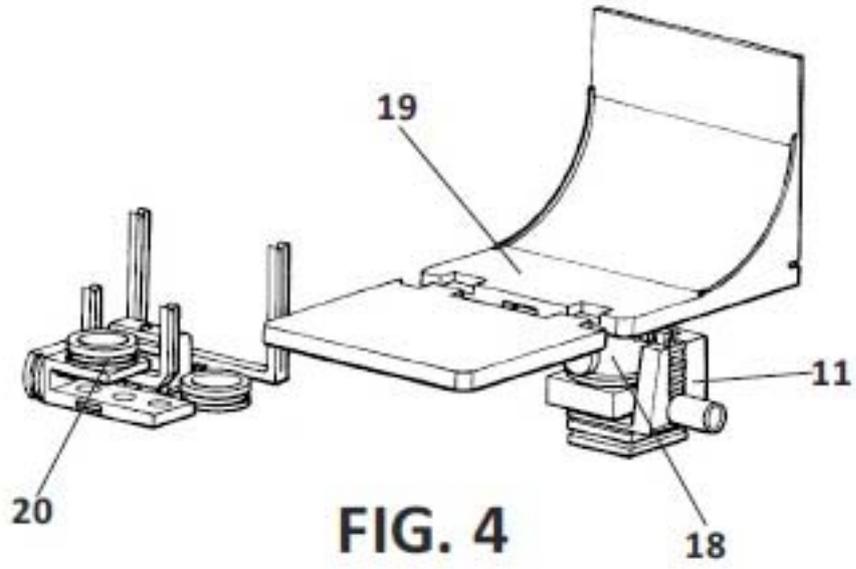


FIG. 3



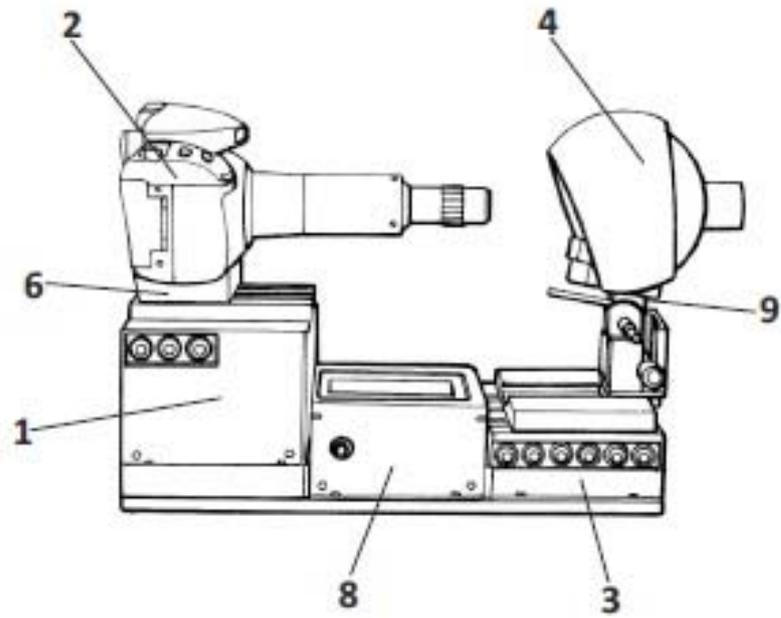


FIG. 6A

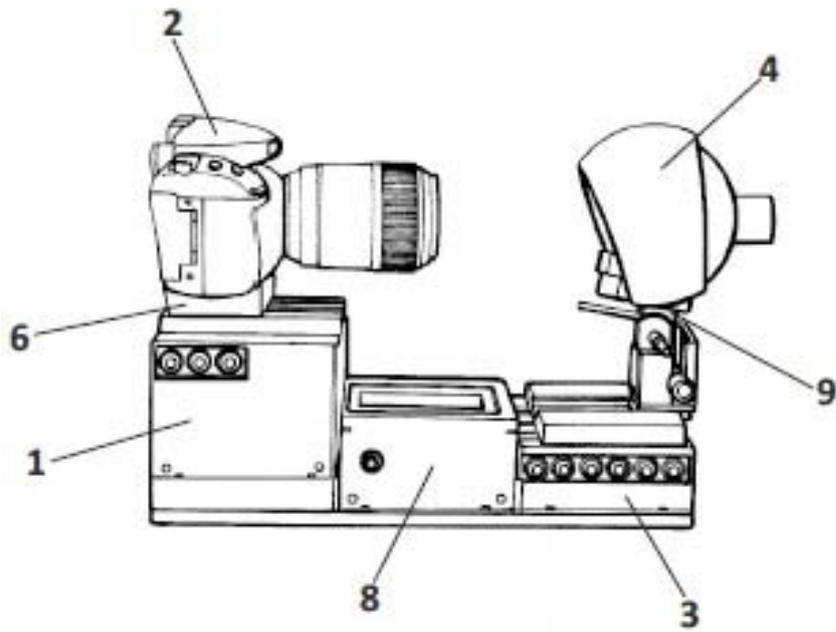


FIG. 6B

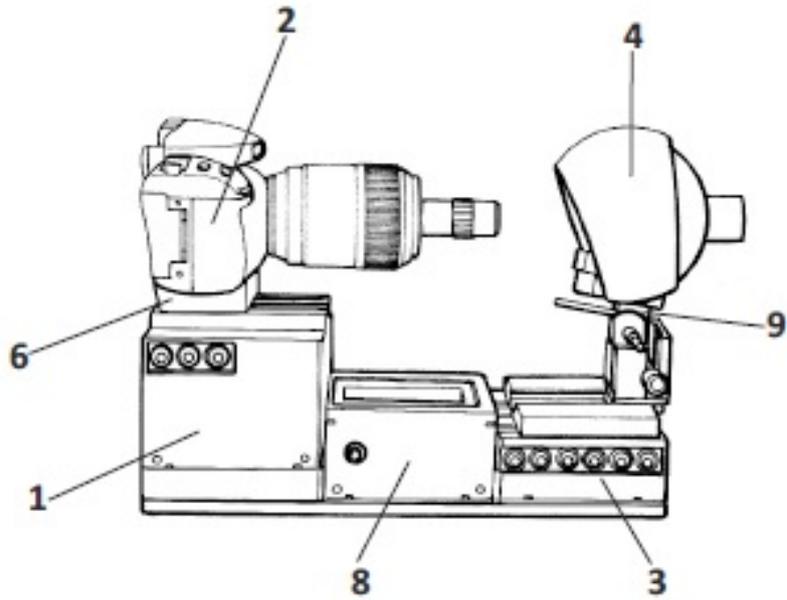


FIG. 6C

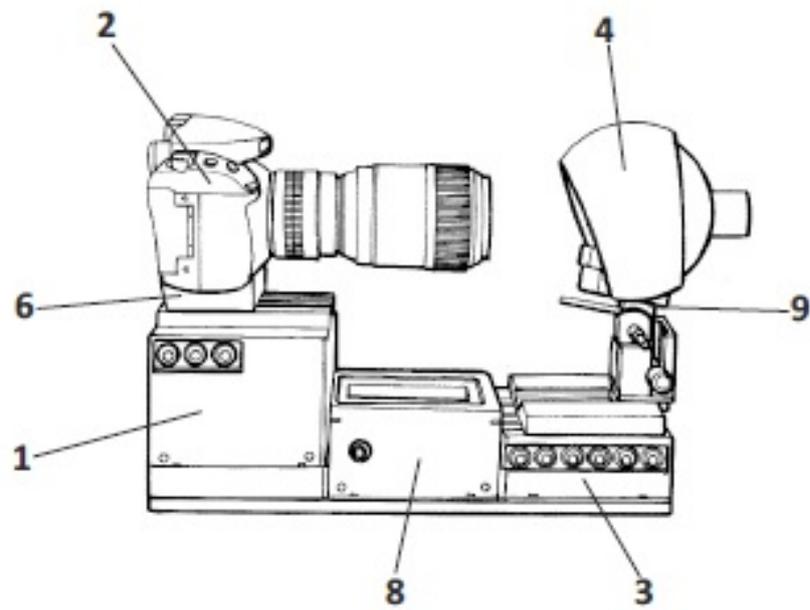


FIG. 6D

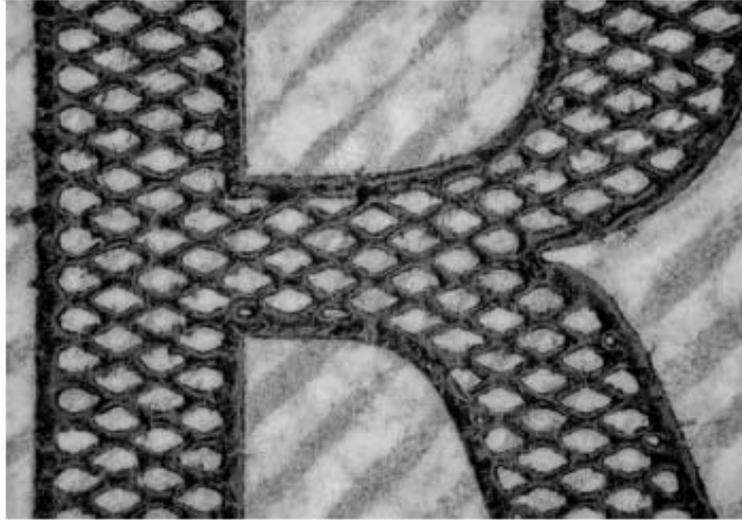


FIG. 7

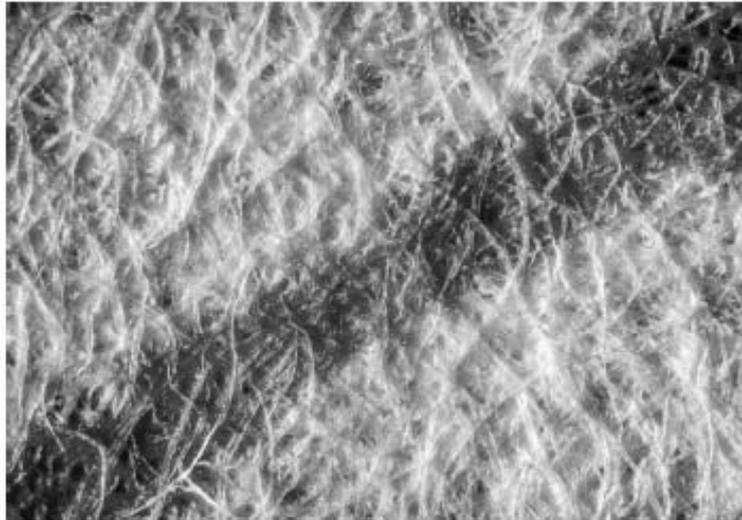


FIG. 8



FIG. 9



②① N.º solicitud: 201830331

②② Fecha de presentación de la solicitud: 04.04.2018

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	WO 2012125519 A2 (US ARMY et al.) 20/09/2012, resumen; figuras; párrafos 5-23, 26, 33-45, 48, y 51-55.	1-16
Y	US 4123768 A (KILSHAW JAMES et al.) 31/10/1978, resumen EPODOC; resumen WPI; figuras; columna 2, líneas 28-52; columna 3, línea 41-columna 4, línea 68; y columna 5, líneas 1-47.	1-16
Y	US 2001041064 A1 (HUEBNER ROGER F) 15/11/2001, resumen WPI; resumen EPODOC; figuras; párrafos 1, 2, 8, 25-34 y 39.	7-8
Y	CN 206209772U U (PURUISIKANG HEALTH MAN CO LTD) 31/05/2017, resumen EPODOC, resumen WPI; figuras.	9-11
Y	WO 2006094245 A2 (LIEM RONNIE K) 08/09/2006, resumen; figuras.	9-11

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
18.10.2018

Examinador
A. López Ramiro

Página
1/3



②① N.º solicitud: 201830331

②② Fecha de presentación de la solicitud: 04.04.2018

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	CN 203965775U U (ZHANG LIUHONG) 26/11/2014, Resumen EPODOC, resumen WPI; figura 1.	9, 12
Y	US 2005068544 A1 (DOEMENS GUNTER et al.) 31/03/2005, Resumen EPODOC; resumen WPI; figuras, especialmente 3 y 4; párrafos 53 y 55.	14
Y	US 2007286341 A1 (KAMEGAWA MASAYUKI et al.) 13/12/2007, Resumen EPODOC; resumen WPI; figuras.	6
A	US 2012183284 A1 (NEITH JACK D) 19/07/2012, resumen EPODOC; resumen WPI; figuras	1-16

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
18.10.2018

Examinador
A. López Ramiro

Página
2/3

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

G03B3/02 (2006.01)
G03B15/03 (2006.01)
G03B17/56 (2006.01)
F16M11/04 (2006.01)
B23Q1/25 (2006.01)

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

G03B, F16M, B23Q

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

INVENES, EPODOC