

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 129 363**

② Número de solicitud: 009701290

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>: A61B 3/113

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **12.06.1997**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.06.1999**

Fecha de concesión: **01.12.1999**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **01.02.2000**

⑮ Fecha de publicación del folleto de patente:  
**01.02.2000**

⑰ Titular/es: **UNIVERSIDAD DE SEVILLA**  
**C/ Valparaíso, 5-2ª planta**  
**41013 Sevilla, ES**

⑱ Inventor/es: **Salas García, Cosme;**  
**Rodríguez Fernández, Fernando y**  
**Torres Ruíz, Blas**

⑳ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular basado en sensores de efecto Hall.**

㉑ Resumen:

Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular basado en sensores de efecto Hall.

El objeto de la presente invención es un sistema de medida y registro de los movimientos oculares en pequeños animales constituido por un conjunto de sensores de efecto Hall que se fijan en el globo ocular u otra región cuyos movimientos se desea medir. Las señales procedentes de los sensores de efecto Hall son amplificadas mediante amplificador compatible y una tarjeta conversora A/D, o bien en registradores magnéticos o digitales comerciales, para su análisis posterior mediante software específico. El voltaje de salida de los sensores en cada momento es proporcional a la posición del ojo en la órbita.

Esta técnica es especialmente aplicable en neurobiología y estudios de comportamiento.

ES 2 129 363 B1

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

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. C/Panamá, 1 - 28036 Madrid

## DESCRIPCION

Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular basado en sensores de efecto Hall.

**Objeto de la invención**

Sistema de medida y registro de los movimientos oculares en pequeños animales basado en sensores de efecto Hall, especialmente aplicable en neurobiología y estudios de comportamiento. Incluye un conjunto de sensores de efecto Hall que detectan la posición en el espacio de uno o varios magnetos de alta potencia que se fijan en el globo ocular u otra región cuyos movimientos se desea medir. Las señales procedentes de los sensores de efecto Hall son amplificadas mediante amplificadores diferenciales y almacenadas en soporte magnético mediante un ordenador compatible y una tarjeta conversora A/D, o bien en registradores magnéticos o digitales comerciales, para su análisis posterior mediante software específico.

Esta técnica es de gran interés en diferentes campos, experimentales, aplicados y clínicos, en las áreas de neurobiología y neurociencias, neurofisiología, psicobiología, psicología fisiológica, neurología experimental y clínica, psicología de la percepción, etc....

**Estado de la técnica**

Actualmente están disponibles en el mercado diferentes sistemas de registro de los movimientos oculares. Los más empleados son la *electro-oculografía* (EOG) y la *técnica del seguidor magnético de la posición ocular*, que se emplean habitualmente en conejos, gatos, monos y sujetos humanos (Barry y Melvill Jones, 1965; Collewijn, van der Mark y Jansen, 1974; Judge, Richmond y Chu, 1980; McElligott, Loughnane y Mays, 1979; Robinson, 1963; Schlag, Merker y Schlag-Rey; Young y Sheena, 1975). La técnica de la *electro-oculografía* se basa en la detección del potencial corneo-retinal (dipolo natural generado por el globo ocular) mediante electrodos de d.c. situados en el plano frontal. La *técnica del seguidor magnético de la posición ocular* consiste en el registro de los voltajes inducidos en una pequeña bobina implantada en el globo ocular por los campos magnéticos pulsantes generados por unas bobinas mayores, en cuyo interior se sitúa la cabeza del sujeto. El voltaje inducido en la bobina implantada es proporcional al ángulo de la bobina con respecto al eje de los campos magnéticos. Cada una de estas técnicas presenta ventajas y limitaciones. La *electro-oculografía* presenta como ventajas su fácil aplicación y su bajo coste (si se dispone del equipamiento electrofisiológico adecuado), pero presenta también importantes problemas, como son su falta de estabilidad que requiere la realización de frecuentes calibraciones, limitación de su ancho de banda, contaminación por señales ajenas a los movimientos oculares (parpadeo, contracciones musculares, etc.), falta de resolución en comparación a otras técnicas. La *técnica del seguidor magnético de la posición ocular* presenta como ventajas su estabilidad en la medición de la posición ocular durante largos periodos de tiempo y su elevado nivel de resolución (menos de un minuto de arco). Estas ventajas hacen que sea una técnica muy utilizada en diferentes aplicaciones. Como limi-

taciones hay que señalar la necesidad de inmovilización de la cabeza del sujeto, las dificultades en la implantación de la bobina ocular, el hecho de que los campos magnéticos alternos a diferentes frecuencias pueden interferir con el registro de otras variables electrofisiológicas que se realicen simultáneamente, así como su elevado coste.

Otros sistemas de medida de los movimientos oculares son la *oculometría por infrarrojos*, en la que un fotodiodo o fototransistor mide la luz infrarroja reflejada por el borde del área blanca de la esclerótica y el iris oscuro (Bach, Bouis y Fishcr, 1983; Beauvillain y Beauvillain, 1995); la *vídeo-oculografía*, consistente en registrar con una cámara de vídeo la posición de marcadores del globo ocular, como la pupila o señales dispuestas en una lente de contacto (Ott, Gehle y Eckmiller, 1990; Peli, Agliere y Timberlake, 1987; Bantel, Ott y Rueff, 1990); o el registro mediante *oftalmoscopia láser*, que permite registrar la imagen del fondo del ojo en vídeo a tiempo real mediante un principio confocal de láser, analizando los cambios de posición de distintos puntos concretos del fondo del ojo en las imágenes de vídeo antes y después del movimiento (Mainster, Timberlake, Webb y Hughes, 1982; Nasemann y Burk, 1990; Ott y Lades, 1990; Ott, Lades, Holthoff y Eckmiller, 1990). Estos sistemas, además de su elevado coste, presentan como inconvenientes la necesidad de inmovilización de la cabeza del sujeto, la aparatosisidad del equipamiento requerido, las interferencias electromagnéticas generadas por los equipos y que pueden perturbar otros registros electrofisiológicos realizados simultáneamente, la oclusión de parte del campo visual del sujeto, etc.

La presente invención presenta un sistema que aporta las siguientes ventajas, en comparación con los anteriores:

- Permite el registro de movimientos oculares rápidos o lentos, movimientos sacádicos, nistagmo optocinético y vestibular, vergencias, movimientos oculares de seguimiento, así como movimientos oculares de poca amplitud.
- El sistema de registro del movimiento y la posición ocular mediante sensores de efecto Hall ofrece una resolución superior a un minuto de arco, comparable a los sistemas más precisos existentes actualmente.
- Permite el registro de movimientos de muy baja frecuencia y velocidad.
- Presenta una considerable estabilidad en el registro durante periodos de tiempo largos, sin necesidad de frecuentes calibraciones. Esta estabilidad es al menos similar a la ofrecida por la técnica del seguidor magnético de la posición ocular.
- Pequeño tamaño y bajo peso, lo que facilita su empleo en diferentes aplicaciones y montajes experimentales, e incluso lo hacen adecuado como equipo portátil.
- Considerable simplicidad técnica. Se necesitan escasos ajustes y poco equipamiento electrónico.
- El sistema presenta una señal de salida muy alta en voltaje y la señal de salida es poco ruidosa. Esta característica hace innecesario el empleo de equipos de amplificación y filtrado sofisticados para la adquisición de la señal.
- Inmunidad a la interferencia de luz ambiental u otras influencias ambientales que suponen una

fuente de ruido en otros sistemas.

- El sistema permite el registro simultáneo durante la estimulación eléctrica intracraneal o muscular. El sistema es inmune a las interferencias electromagnéticas producidas durante la estimulación eléctrica intracraneal o muscular aplicada al sujeto, que dificulta o impide el registro mediante otros sistemas.

- El sistema descrito se alimenta con una fuente eléctrica de corriente continua o con baterías, por lo que no produce señales electromagnéticas en frecuencia que puedan suponer interferencias para el registro simultáneo de otras variables electrofisiológicas débiles que es necesario en muchas aplicaciones.

- Es aplicable a la detección y medida de otras respuestas motoras de pequeña amplitud, como la actividad respiratoria, respuesta palpebral y la respuesta la membrana nictitante en humanos y animales, el movimiento de miembros como las aletas de los peces, movimientos mandibulares, etc.

- Produce poca reducción del campo visual del sujeto y su uso es simple y poco engorroso técnicamente.

- Su simplicidad se une a su bajo coste, que hace factible disponer de múltiples unidades en el mismo laboratorio para realizar registros simultáneos en diferentes sujetos, lo que reduce la duración de los estudios y acelera la obtención de resultados.

#### Descripción general de la invención

El sistema consta de un conjunto de sensores de efecto Hall fijos en posiciones establecidas de la órbita del ojo, u otro órgano móvil cuyos movimientos se desee medir, que detectan la posición de un magneto miniatura que se fija en la esclerótica del ojo. Por lo tanto el voltaje de salida de los sensores en cada momento es proporcional a la posición del ojo en la órbita.

Una vez inmovilizado el sujeto, los sensores se sitúan en la posición adecuada mediante un soporte. Los magnetos pueden fijarse al globo ocular mediante diversos procedimientos: mediante sutura directamente a la esclerótica, mediante adhesivo quirúrgico o bien incluido en el interior de una lente de contacto.

La salida de los sensores consiste en una señal analógica que puede ser convenientemente amplificada y acondicionada mediante un módulo amplificador-acondicionador de señal. Una vez amplificada y acondicionada, la señal de la posición ocular puede monitorizarse directamente mediante un visualizador gráfico externo (osciloscopio, registrador en papel, etc.) o almacenarse para su posterior análisis en un sistema de registro (como por ejemplo en un registrador magnético) o ser adquirido para su análisis en ordenador previa conversión analógico-digital.

El sistema suministra una señal de posición ocular de alta calidad, fiable y muy estable en el tiempo. La preparación y colocación es rápida y poco engorrosa y su pequeño tamaño y bajo peso permiten que pueda usarse como equipo portátil. Así mismo, su bajo coste permite que en un mismo laboratorio se puedan disponer de varias unidades para realizar registros simultáneos en diferentes sujetos.

#### Explicación de las figuras:

Figura 1: Visión en perspectiva del sistema de registro, incluyendo los sensores y el brazo y soporte de sujeción.

1. Sensores de efecto Hall montados en el soporte.
2. Brazo de sujeción.
3. Peana de soporte.
4. Tornillo de inmovilización del brazo de sujeción.
5. Globo ocular.

Figura 2: Visión lateral del emplazamiento correcto de los sensores y de los magnetos en el ojo.

1. Sensor de efecto Hall.
2. Globo ocular.
3. Magneto fijado en la esclerótica del ojo.
4. Extremo del brazo de sujeción.

Figura 3: Dos posibles sistemas de montaje de los sensores de efecto Hall. Montaje simple (arriba), en el que se emplea un sólo magneto móvil. Montaje bipolar (abajo), en el que se emplean dos magnetos, uno móvil y otro fijo. S: polo sur magnético del magneto; N: polo norte magnético del magneto.

Figura 4: Visión general del montaje del sistema de registro del movimiento ocular en un sujeto inmovilizado.

1. Sensores de efecto Hall.
2. Brazo de sujeción.
3. Peana de soporte.
4. Tornillo de inmovilización del brazo de sujeción.
5. Conector de entrada al módulo de amplificación y de alimentación de los sensores.

#### Descripción detallada

Como caso práctico de realización de la invención, que debe entenderse no tiene carácter limitativo de la misma, se describe a continuación un posible diseño general del sistema y del procedimiento de aplicación:

##### Descripción de los sensores y magnetos.

El sistema emplea un magneto de alta potencia, bajo peso y reducido tamaño, fabricado mediante tierras raras prensadas. El magneto se fija a la esclerótica del ojo o la parte móvil cuyos desplazamientos se pretende medir y proporciona el campo magnético constante empleado por el sistema para medir los movimientos.

Así mismo, el sistema emplea sensores de alta sensibilidad. Constan de un circuito integrado de efecto Hall y pueden incluir en su diseño, además del elemento Hall, un amplificador compensador de temperatura, un regulador de voltaje y un transistor de salida. Estos sensores de efecto Hall pueden mostrar una sensibilidad de 250 mV/mT. La tecnología láser empleada en su fabricación proporciona una sensibilidad constante de un sensor a otro. Los dispositivos analógicos de efecto Hall empleados producen un voltaje de salida proporcional a la intensidad del campo magnético al que son expuestos. El sensor presenta una salida lineal en relación a la intensidad del campo magnético a la que es sometido, y proporcional por tanto a la distancia del magneto y el transductor.

Opcionalmente los sensores Hall pueden montarse sobre dos barras de ferrita pegadas con adhesivo ciano-crilato, las cuales actúan como colectores de flujo magnético.

*Descripción del sistema de sujeción o implantación de los sensores y magnetos.*

*Colocación de los magnetos.*

El sistema de fijación de los magnetos se muestra en las Figuras 1 y 4. El magneto y el sensor de efecto Hall pueden disponerse según un montaje unipolar simple (Véase la Figura 3), de forma que uno de los polos del magneto se acerca o se aleja del sensor. Cuando el magneto está en el punto más lejano de su recorrido con respecto al sensor, el campo magnético en la cara sensible del dispositivo Hall se acerca a cero militeslas (mT). Cuando el magneto se acerca al sensor, el voltaje de salida se incrementa linealmente con el incremento de la intensidad del campo magnético.

Otro montaje posible del conjunto sensor-magneto es un montaje bipolar. Este montaje incrementa el rango lineal de la salida del dispositivo Hall en relación a la distancia. En este sistema de montaje se disponen dos magnetos, uno se fija en la esclerótica del ojo u otra parte móvil cuyos movimientos se deseen medir y el otro magneto se sitúa en una posición fija opuesta al recorrido del magneto móvil. Cuando el magneto móvil se encuentra en la posición más lejana de su recorrido, el sensor de efecto Hall se encuentra sometido a un campo magnético negativo generado por el magneto fijo. A medida que el magneto móvil se aproxima al sensor, los campos magnéticos generados por ambos magnetos se combinan, cancelándose el uno al otro. Cuando el magneto móvil se encuentra muy próximo al sensor, éste se encuentra sometido a un fuerte campo positivo. Este sistema de montaje sigue siendo simple en cuanto a complejidad mecánica y aprovecha todo el rango lineal del sensor de efecto Hall. La salida del sensor es lineal en un amplio rango de distancia.

La sujeción de los magnetos a la esclerótica del ojo (en el caso de la aplicación para registro de movimientos oculares en peces y otros pequeños animales), o en otras partes móviles cuyos desplazamientos se van a medir, puede realizarse mediante puntos de sutura o bien mediante una pequeña cantidad de adhesivo cianoacrilato. En la mayoría de las aplicaciones la sujeción con cianoacrilato es la opción más aconsejable, permitiendo colocar y retirar el magneto muy rápidamente tras cada sesión de registro.

*Colocación de los sensores.*

Los sensores pueden fijarse mediante un pedestal que mantiene los sensores en la posición adecuada. En las Figuras 1 a 4 se representan los dispositivos de registro de los movimientos oculares. El pedestal consta de un pie de base estable que puede atornillarse a la mesa de registro o a la cámara experimental, formando un conjunto solidario con ésta. El pie da estabilidad a un brazo curvado de una aleación metálica maleable que permite ajustar de forma precisa la posición de los sensores, flexionándolo en cualquier dirección. Una funda de material plástico envuelve tanto el brazo metálico, como los cables de alimentación y de salida de los sensores. Al extremo del brazo

se encuentra unido un cabezal con los zócalos de conexión de los sensores, situados en este caso en ángulo recto entre sí. Estos zócalos permiten reemplazar rápidamente los sensores si fuera preciso. En la Figura 4 se aprecian también otros detalles del sistema de fijación del animal, como la cánula bucal de bombeo de agua aireada y las placas de fijación de los costados. Este mismo sistema puede emplearse para registrar no solo los movimientos oculares, sino también los de las aletas, la cola, etc, o incluso el reflejo palpebral o de la membrana nictitante en otros vertebrados.

*Módulo de amplificación y fuente de alimentación.*

El módulo de amplificación consta de un circuito amplificador dotado de "off-set" y ganancia variable. El sistema de "off-set" permite la adaptación de los valores de voltaje a la tarjeta de adquisición del ordenador. La señal analógica se puede monitorizar, mediante los bornes "EXT out", en un visualizador gráfico externo, como osciloscopio, registrador en papel, etc., con el objeto de seguir a tiempo real el proceso de registro o verificar y contrastar el proceso de adquisición a ordenador.

El circuito que constituye el módulo de amplificación consta, en primer lugar, de un amplificador operacional (LM 301) con balance ajustable de "off-set". Esta primera etapa de amplificación permite acondicionar la señal de salida de los sensores a las características de la tarjeta de conversión A/D. El circuito amplificador se basa en el circuito integrado LF 355 y dispone de un control de ganancia que permite amplificar la señal de salida, pudiéndose compensar así las diferencias en las dimensiones de los animales, diferencias de -montaje, diferencias en la sensibilidad de los sensores Hall o en la potencia de los magnetos, ajustando el voltaje de salida a las características de entrada de la tarjeta de adquisición.

En cuanto a la fuente de alimentación, los sensores de efecto Hall empleados requieren una alimentación entre 6 y 12 voltios. Por lo tanto el equipo puede ser alimentado con baterías de 9 voltios. Esta opción tiene la ventaja de que elimina toda posible fuente de interferencias eléctricas procedentes del sistema de registro Hall que puedan contaminar a otros sistemas de registro que se estén empleando simultáneamente, y además, contribuye a la portabilidad del sistema.

*Módulo de adquisición a ordenador, visualización en pantalla y análisis de datos.*

La señal analógica de voltaje que constituye la salida de los sensores Hall son amplificadas (Módulo de amplificación) y transformadas en una señal digital (Módulo de adquisición a ordenador) mediante una tarjeta A/D y un ordenador compatible PC para su monitorización posterior, análisis y control experimental. Las señales digitalizadas son grabadas en soporte magnético para su posterior visualización y análisis.

Una segunda opción consiste en registrar la salida "EXT out" en un registrador en papel o en soporte magnético.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular, **caracterizado** porque consta de un conjunto de sensores de efecto Hall fijos en posiciones establecidas en la órbita del ojo, u órgano móvil cuyos movimientos se desean medir, que detectan la posición de un magneto miniatura que se fija en el esclerótica del ojo, siendo la señal de salida una señal analógica, amplificada y acondicionada que puede monitorizarse directamente o almacenarse para su posterior análisis en un sistema de registro o en ordenador, previa conversión analógico-digital.

2. Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular, según reivindicación 1, **caracterizado** porque los magnetos se pueden fijar al globo ocular, u otra región cuyos movimientos desea medir, mediante sutura, directamente a la esclerótica, mediante adhesivo quirúrgico o bien incluido en el interior de una lente de contacto.

3. Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular, según reivindicaciones 1 a 2

**caracterizado** porque se puede hacer un montaje bipolar usando dos magnetos, uno fijado a la esclerótica del ojo (u otra parte móvil) cuyos movimientos se desean medir, y otro en posición fija opuesta al recorrido del magneto móvil.

4. Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular, según reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado** porque las señales procedentes de los sensores de efecto Hall son amplificadas y almacenadas en soporte magnético mediante un ordenador compatible y una tarjeta conversora A/D para su análisis posterior mediante software específico o conectadas directamente a cualquier módulo de electrofisiología convencional.

5. Sistema de registro de los movimientos y la posición ocular basado en sensores de efecto Hall, según reivindicaciones 1 a 2 **caracterizado** porque puede aplicarse en la detección y medida de diversas respuestas motoras de pequeña amplitud (actividad respiratoria, respuesta palpebral y la respuesta la membrana nictitante en humanos y animales, movimientos de los miembros, etc).

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Figura 1

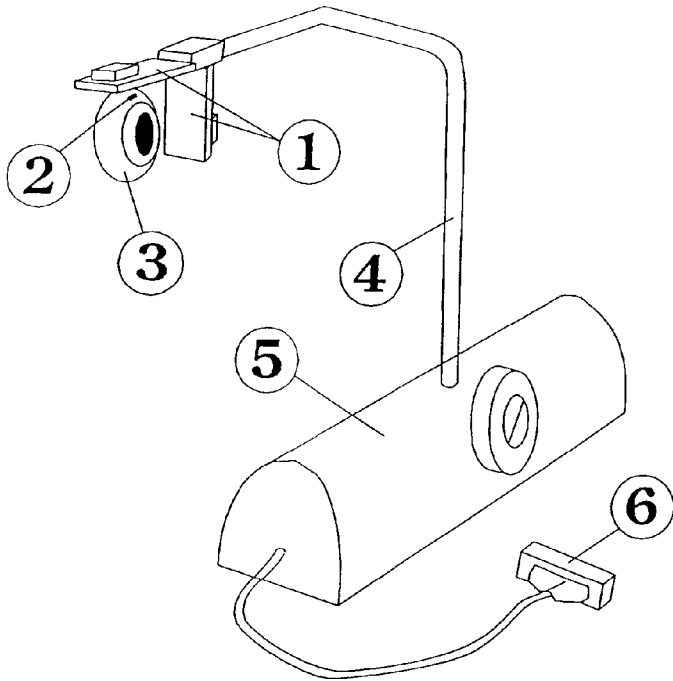


Figura 3

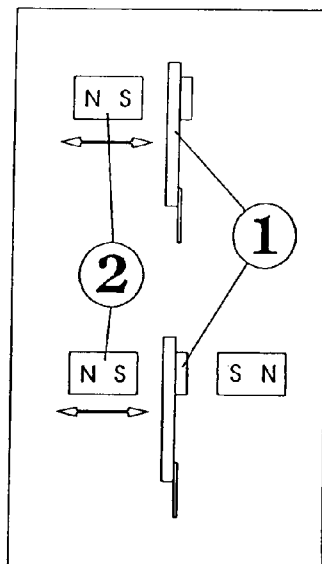


Figura 2

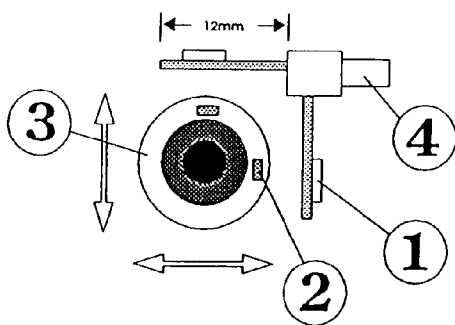
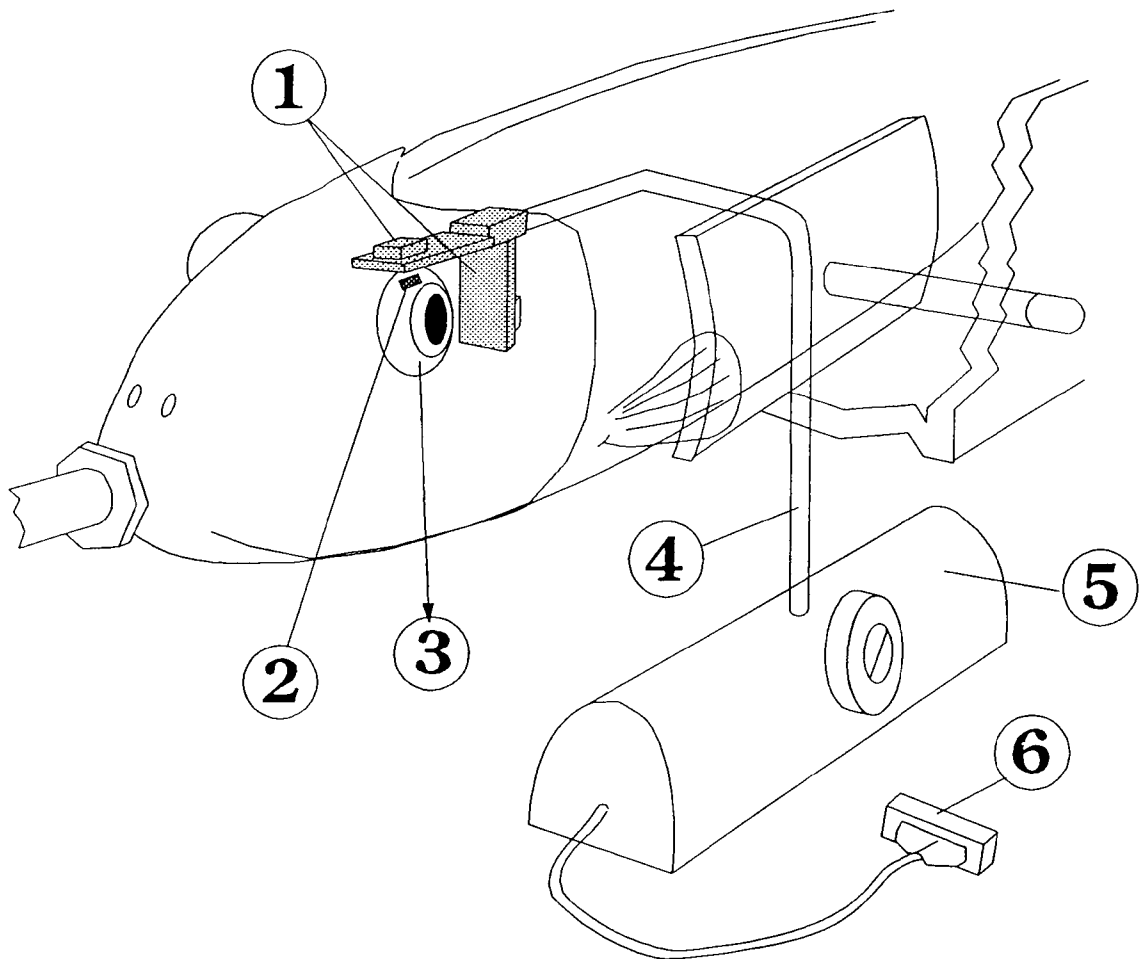


Figura 4





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

① ES 2 129 363

② N.º solicitud: 9701290

③ Fecha de presentación de la solicitud: 12.06.97

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>: A61B 3/113

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 9315656 A1 (BIOCONTROL SYSTEMS) 19.08.1993, todo el documento.	1,4
A	BASE DE DATOS WPIL en QUESTEL, semana 9320, Londres: Derwent Publications Ltd., AN 93-165752, Class P31, SU 1736430 A1 (MED INSTR RES INST), resumen.	1
A	EP 434289 A1 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 26.06.1991, todo el documento.	1,5
A	WO 9531927 A1 (CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE) 30.11.1995, todo el documento.	1,4
A	US 4653001 A (SEMENOV et al.) 24.03.1987, reivindicación 1.	1,4
A	BASE DE DATOS WPIL en QUESTEL, semana 7542, Londres: Derwent Publications Ltd., AN 75-L4307W, Class S02, SU 433334 A (MOSCOW LOMONOSOV UNIV), resumen.	1,2
A	EP 115391 A2 (TRW INC) 08.08.1984	

**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 n.º:

**Fecha de realización del informe**

23.04.99

**Examinador**

A. Cardenas Villar

**Página**

1/1