

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 247**

21 Número de solicitud: 201730848

51 Int. Cl.:

**G01N 21/31** (2006.01)

**G01N 33/28** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**27.06.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**02.01.2019**

71 Solicitantes:

**FUNDACIÓN TEKNIKER (100.0%)  
Polo tecnológico de Eibar, c/ Iñaki Goenaga 5  
20600 Eibar (Gipuzkoa) ES**

72 Inventor/es:

**MABE ÁLVAREZ, Jon;  
LÓPEZ ALONSO, Patricia ;  
DELGADO CASTRILLO, Andoni y  
ITURBE BERISTAIN, Ion**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE UN FLUIDO**

57 Resumen:

Sistema y método de monitorización del estado de un fluido.

Un sistema de monitorización (3, 13) para la inspección de un fluido (2, 71, 72) contenido en un depósito (1) mediante su inserción en una toma (5) del depósito (1), que comprende una zona de medida (20, 120) configurada para que circule por ella una muestra de dicho fluido (2, 71, 72); unos medios de emisión/recepción de luz (41) que consisten en un sistema de iluminación (411) y un sistema detector de luz (412) situados en un mismo lado del sistema de monitorización (3, 13) con respecto a dicha zona de medida (20, 120); una ventana óptica (44) dispuesta entre dichos medios de emisión/recepción de luz (41) y dicha zona de medida (20, 120); y un elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) situado al otro lado del sistema de monitorización (3, 13) con respecto a dicha zona de medida (20, 120). El sistema de iluminación (411) está configurado para emitir radiación óptica hacia dicha zona de medida (20, 120), y el sistema detector de luz (412) está configurado para detectar una radiación óptica que comprende la luz (i) reflejada por dicho fluido (2, 71, 72) y/o la luz (ii) transmitida a través de dicho fluido (2, 71, 72) y reflejada en dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453). El sistema de monitorización (3, 13) comprende además un subsistema electrónico (150) que comprende medios de procesado (51) configurados para controlar la activación/desactivación del sistema de iluminación (411) y para procesar las señales obtenidas procedentes del sistema detector de luz (412).

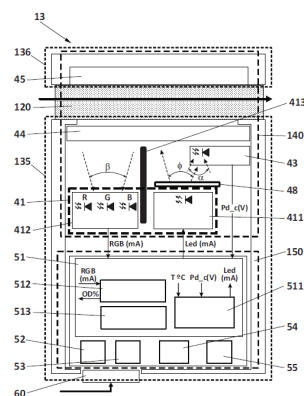


FIG. 2A

ES 2 695 247 A1

## DESCRIPCIÓN

### SISTEMA Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE UN FLUIDO

5

#### CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de los métodos y sistemas de monitorización de fluidos, tales como aceites, y en particular aceites lubricantes, para determinar su estado general (degradación, contenido de partículas, etc.). Más concretamente, la invención pertenece al campo de la medición del estado de fluidos, tales como aceites, por colorimetría o espectroscopia óptica.

15

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La maquinaria industrial utiliza a menudo fluidos lubricantes para el correcto funcionamiento de los componentes de la máquina en cuestión. Ejemplos de estos fluidos incluyen lubricantes y aceites que pueden estar basados en hidrocarburos, productos sintéticos y/o basados en petróleo, así como fluidos hidráulicos. Estos fluidos deben mantenerse dentro de un intervalo preferido de composición y limpieza para un rendimiento eficiente de la máquina. Por ejemplo, la adición no deseada de agua o residuos puede hacer que la máquina pierda eficiencia o sufra daños. Es decir, la maquinaria industrial sufre a menudo fallos o interrupciones imprevistas ocasionados por problemas asociados a la lubricación. Estos fallos o interrupciones pueden reducir la vida de servicio de la maquinaria, así como costos innecesarios de mantenimiento. Es por tanto necesario supervisar el fluido (normalmente, aceite) utilizado para la lubricación y determinar el estado de dicho fluido.

30

35

Una forma convencional de supervisión del estado del aceite lubricante es mediante medición "off-line", es decir, mediante análisis de muestras de aceite en laboratorio. Sin embargo, las técnicas "off-line" no proporcionan una detección suficientemente temprana del proceso de degradación debido a que no se realizan con suficiente frecuencia debido a su vez al esfuerzo humano y material que la toma y análisis de estas muestras requiere. Por ejemplo, es frecuente que al tomar la muestra el lubricante se mezcle con sedimento, complicando el control del aceite. También puede ocurrir que el muestreo requiera que la máquina se detenga o incluso se vacíe de lubricante, causando una pérdida de producción de la máquina.

Para superar los inconvenientes inherentes a las técnicas de análisis “off-line”, se han desarrollado técnicas “on-line” para analizar el estado del fluido en cuestión durante su propio funcionamiento, en movimiento, sin necesidad de extraer muestras del mismo para su análisis posterior y sin pérdida temporal de producción. Por ejemplo, la patente española ES2455465B1 describe un sistema para la inspección de la degradación de un fluido lubricante “on-line” en una celda de medida mediante un sensor óptico. Para la inspección “on-line”, el sistema necesita elementos externos de control de flujo para detener el fluido, desairear la celda de medida y asegurar que la muestra de fluido no presenta burbujas. Además, este sistema requiere una diferencia de presión entre la entrada y la salida del sensor, lo que limita su uso a configuraciones e instalaciones en bypass.

En otro ejemplo, la solicitud de patente internacional WO2012032197A1 describe un sistema para conocer la degradación de un aceite a partir de un análisis de sus características de absorción espectral. Este sistema también requiere ser instalado en bypass en un sistema de lubricación, inmerso en el fluido bajo inspección.

Sin embargo, existen escenarios en los que no es posible realizar una monitorización en modo bypass. Tal es el caso, por ejemplo, de entornos con poco espacio de medida, tales como sistemas de retro-fitting, no diseñados para ser instrumentados con sensores. O entornos en los que, como mucho, existe un único punto de toma de muestra. Ejemplos de este tipo son algunos sistemas mecánicos lubricados, tales como robots y grúas. Muchos de estos sistemas requieren la monitorización de miles de puntos de interés en una planta. Por ejemplo, en una planta de producción de automóviles, cada uno de los muchos robots tiene dos o tres sistemas hidráulicos a monitorizar. O, en una planta de montaje de automoción, cada articulación de cada robot (de los que puede haber miles) incorpora un sistema de engranajes que a su vez incorpora su propio microsistema de lubricación (de un litro de aceite aproximadamente). Para monitorizar un sistema de tal magnitud, es deseable poder utilizar sistemas de bajo coste que proporcionen recogida automática de datos de interés. En suma, en ocasiones es deseable poder realizar el análisis de un fluido en una toma simple, es decir, que no requieran una diferencia de presión.

Por otra parte, un sistema convencional de monitorización del grado de degradación de un fluido (por ejemplo, un aceite lubricante) se basa en iluminar el fluido con una fuente de luz y observar la luz que se transmite a través de él. Según el estado del fluido (típicamente más oscuro cuanto más degradado el fluido), la luz transmitida varía.

Utilizando diversas técnicas e implementaciones (luz visible o no visible, análisis espectral o de intensidad, etc.) se puede conseguir información más o menos detallada del estado del fluido. Sin embargo, al trabajar en transmisión, cuando el fluido es o se vuelve muy oscuro, la luz transmitida es tan escasa que no es posible realizar la medida  
5 adecuada. Este es el caso de los fluidos lubricantes, que experimentan debido a su uso como lubricantes un cambio sustancial en su color. Por ello, se ha observado que, si bien los dispositivos on-line de monitorización de aceites basados en el principio de transmitancia (es decir, que trabajan en modo transmisión), son efectivos cuando el aceite bajo supervisión es muy translúcido (es decir, normalmente al principio de su uso,  
10 cuando el aceite está relativamente limpio), estos dispositivos de monitorización pierden efectividad a medida que el aceite se vuelve opaco por su uso continuado. Un ejemplo de estos sistemas que trabajan en transmitancia es el de la citada patente ES2455465B1. Sería posible realizar las mismas medidas analizando la luz reflejada de manera difusa en lugar de analizar la luz transmitida por el fluido. Sin embargo, en este caso, en lugar  
15 de tener el problema con fluidos oscuros, el problema surge con fluidos claros o translúcidos, que no reflejan, de manera difusa, suficiente luz como para tener una medida adecuada.

La solicitud de patente internacional WO2016/080824A1 propone un sistema para monitorizar la dinámica del color de un fluido, formado por una sonda sumergible en el  
20 fluido bajo análisis. La sonda está acoplada a una videocámara para capturar imágenes de la muestra de fluido. El sistema utiliza dos fuentes de luz: una fuente de luz en el plano de la videocámara (sistema de iluminación frontal) para trabajar en modo de reflexión difusa para la supervisión de muestras opacas; y una fuente de luz enfrentada a la videocámara (sistema de iluminación a contraluz) para trabajar en modo de transmisión  
25 para la supervisión de muestras transparentes o translúcidas. Este sistema es complejo, por requerir dos emisores de luz, además de frágil, por incorporar una de las fuentes de luz en la parte del dispositivo más expuesta a la presión del fluido bajo análisis. Además, el sistema está diseñado para introducirse en el recipiente que alberga el fluido de forma perpendicular al mismo, y por tanto perpendicular a la evacuación de aire por  
30 desaireación, por lo que se dificulta dicha evacuación y por tanto se dificulta el movimiento de fluido en la zona de inspección, impidiéndose así la renovación de las muestras bajo análisis.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención proporciona un sistema para la monitorización de un fluido en una toma simple, es decir, sin requerir una diferencia de presión entre dos puntos de acceso al fluido bajo análisis, que resuelve los inconvenientes de propuestas anteriores. El sistema de la invención facilita el análisis de un fluido en tanque de forma muy compacta y de bajo coste. Con respecto a los sistemas que realizan medidas en transmitancia (propuesta por ejemplo de la patente ES2455465B1), el sistema de la presente divulgación supone una evolución a un sistema de reflexión/transmisión, facilitando la medida tanto en fluidos opacos como en fluidos traslúcidos o transparentes, pero minimizando la implementación de elementos ópticos activos, concretamente de emisores de luz, tanto en número como en disposición. Esto permite monitorizar con mayor resolución –y a la vez con sencillez de diseño- tanto fluidos que desde su estado limpio inicial son opacos (es decir, cuya absorbancia en dicha longitud de onda es mayor de 1,0, como mayor de 2,0 o mayor de 3,0), como fluidos que en su vida útil pasan de ser traslúcidos (es decir, cuya absorbancia en una cierta longitud de onda es menor de 1,0, tal como menor de 0,5, o menor de 0,2 o menor de 0,1) a opaco (es decir, cuya absorbancia en dicha longitud de onda es mayor de 1,0, como mayor de 2,0 o mayor de 3,0). Se ofrece así una solución compacta, simple y autónoma para la monitorización de fluidos sin necesidad de extraer muestras del mismo de su entorno de operación.

El sistema propuesto presenta además una configurabilidad que permite adaptarse a distintas tipologías y/o estado de degradación del fluido bajo supervisión, seleccionando una u otra implementación para su tapa trasera (plano trasero).

En el contexto de la presente divulgación, se entiende por fluidos opacos aquellos que presentan una absorbancia en una determinada banda espectral mayor de 1,0. A partir de una absorbancia en la banda espectral de trabajo mayor de 3,0 un fluido se considera muy opaco. Asimismo, se entiende por fluidos traslúcidos aquellos que presentan una absorbancia en una determinada banda espectral menor de 1,0, y muy traslúcidos si su absorbancia es menor de 0,1. En general, la luz no penetra en los fluidos opacos, sino que se absorbe en una profundidad cercana a la superficie y la parte que no es absorbida puede salir otra vez de la muestra en forma de reflexión difusa debido al scattering (dispersión) producido por las reflexiones internas en el fluido en las moléculas que lo forman o partículas que pueda haber. La figura 8 ilustra estos fenómenos. Este efecto tiene más posibilidades de existir en fluidos opacos que en traslúcidos, pero depende fuertemente de la absorbancia y de la composición molecular y de las partículas presentes en el mismo. Independientemente del scattering, en términos generales, a mayor absorbancia, menor es la cantidad de luz que atraviesa el fluido propagándose a

través del mismo. En el caso de los fluidos traslúcidos, en general, la luz atraviesa (se transmite) a través del mismo.

En un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de monitorización para la inspección de un fluido contenido en un depósito mediante la inserción de dicho sistema de monitorización en una toma de dicho depósito, que comprende: una zona de medida configurada para que circule por ella una muestra de dicho fluido. El sistema de monitorización comprende además: unos medios de emisión/recepción de luz que consisten en un sistema de iluminación y un sistema detector de luz situados en un mismo lado del sistema de monitorización con respecto a dicha zona de medida; una ventana óptica dispuesta entre dichos medios de emisión/recepción de luz y dicha zona de medida; y un elemento óptico trasero situado al otro lado del sistema de monitorización con respecto a dicha zona de medida. El sistema de iluminación está configurado para emitir radiación óptica hacia dicha zona de medida. El sistema detector de luz está configurado para detectar una radiación óptica que comprende la luz reflejada por dicho fluido que circula por dicha zona de medida y/o la luz transmitida a través de dicho fluido y reflejada en dicho elemento óptico trasero. El sistema de monitorización comprende además un subsistema electrónico que comprende medios de procesado configurados para controlar la activación/desactivación del sistema de iluminación y para procesar las señales obtenidas procedentes del sistema detector de luz.

En realizaciones de la invención, el elemento óptico trasero se implementa mediante un elemento absorbente desde el punto de vista óptico, estando dicho elemento óptico trasero configurado para impedir la reflexión de la luz transmitida a través de dicho fluido.

En realizaciones de la invención, el elemento óptico trasero se implementa mediante un elemento reflexivo desde el punto de vista óptico, estando dicho elemento óptico trasero configurado para favorecer la reflexión de la luz transmitida a través de dicho fluido. Este elemento reflexivo desde el punto de vista óptico puede ser un elemento reflexivo plano. Alternativamente, el elemento reflexivo desde el punto de vista óptico puede ser un elemento reflexivo cóncavo, con el objeto de concentrar los rayos reflejados.

En realizaciones de la invención, el elemento óptico trasero es intercambiable, de forma que en función de la absorbancia del fluido bajo inspección, se elige un elemento óptico trasero absorbente o reflexivo.

En realizaciones de la invención, el sistema de monitorización comprende además al menos un fotodiodo de control configurado para medir la intensidad emitida por el sistema de iluminación.

En realizaciones de la invención, el sistema de monitorización está comprendido en una carcasa, en la que dichos medios de emisión/recepción de luz están situados en una porción de dicha carcasa y dicho elemento óptico trasero está situado en otra porción de dicha carcasa, donde dichas porciones de carcasa definen dicha zona de medida,  
5 delimitando dicho elemento óptico trasero y dicha ventana óptica la zona de medida.

En realizaciones de la invención, la altura de dicha zona de medida es regulable para garantizar la renovación de la muestra de fluido dentro de dicha zona de medida.

En realizaciones de la invención, la ventana óptica tiene una inclinación con respecto al  
10 plano definido por elemento óptico trasero para evitar la acumulación de aire en la zona de medida.

En realizaciones de la invención, el sistema de monitorización comprende un difusor dispuesto entre dicho sistema de iluminación de dichos medios de emisión/recepción de luz y dicho al menos un fotodiodo de control.

En otro aspecto de la invención, se proporciona un método de monitorización de un fluido contenido en un depósito, que comprende: insertar un sistema de monitorización en una toma simple de dicho depósito, donde dicho sistema de monitorización comprende: una zona de medida configurada para que circule por ella una muestra de dicho fluido; unos  
20 medios de emisión/recepción de luz que consisten en un sistema de iluminación y un sistema detector de luz situados en un mismo lado del sistema de monitorización con respecto a dicha zona de medida; una ventana óptica dispuesta entre dichos medios de emisión/recepción de luz y dicha zona de medida; y un elemento óptico trasero situado al otro lado del sistema de monitorización con respecto a dicha zona de medida; hacer  
25 incidir una radiación óptica desde dicho sistema de iluminación hacia dicha zona de medida; detectar por dicho sistema detector de luz una radiación óptica que comprende la luz reflejada por dicho fluido que circula por dicha zona de medida y/o la luz transmitida a través de dicho fluido y reflejada en dicho elemento óptico trasero; en un subsistema electrónico comprendido en dicho sistema de monitorización, controlar la  
30 activación/desactivación del sistema de iluminación y procesar las señales obtenidas procedentes del sistema detector de luz.

En realizaciones de la invención, cuando dicho fluido tiene una absorbancia mayor de 1,0 en su estado inicial, dicho elemento óptico trasero es un elemento óptico trasero  
35 absorbente.

En realizaciones de la invención, cuando dicho fluido tiene una absorbancia menor de 1,0 en su estado inicial, dicho elemento óptico trasero es un elemento óptico trasero reflexivo.

5 En realizaciones de la invención, el método comprende además regular la altura de dicha zona de medida para garantizar la renovación de la muestra de fluido dentro de dicha zona de medida.

10 En realizaciones de la invención, el método comprende además inclinar dicha ventana óptica con respecto al plano definido por elemento óptico trasero para evitar la acumulación de aire en la zona de medida.

Ventajas y características adicionales de la invención serán evidentes a partir de la descripción en detalle que sigue y se señalarán en particular en las reivindicaciones adjuntas.

15

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

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

25 La figura 1A ilustra esquemáticamente un sistema de monitorización de un fluido mediante su inserción en una toma simple de un depósito que contiene dicho fluido, de acuerdo con una posible realización de la invención. Las figuras 1B y 1C muestran sendas vistas (frontal y de perfil, respectivamente) del sistema de monitorización de acuerdo con una posible realización de la invención, en la que puede observarse el canal por el que fluye la muestra bajo inspección. Una parte del fluido contenido en el tanque en el que se acople el sistema de monitorización circula por este canal, en cuyo momento se toman las muestras. La figura 1D muestra una vista en perfil de un sistema de monitorización de acuerdo con otra realización de la invención, en la que puede observarse el canal que se forma en el exterior del mismo, como un estrechamiento de la carcasa que recubre al sistema.

30

La figura 2A muestra un esquema del sistema de monitorización del estado de un fluido por espectrometría, de acuerdo con una posible realización de la invención. La figura 2B



muestra una posible carcasa en la que se inserta la estructura o soporte en la que se colocan los elementos ópticos y electrónicos del sistema. La figura 2C muestra la electrónica albergada en el interior de la carcasa mostrada en la figura 2B, en cuyo interior pueden observarse los elementos ópticos y electrónicos esquematizados en la figura 2A. La figura 2D muestra en detalle la disposición del sistema detector de luz y de la al menos una fuente de iluminación, ambos del mismo lado o porción del sistema con respecto del canal.

Las figuras 3A-3C esquematizan el recorrido de la radiación óptica emitida por una fuente de iluminación al viajar hacia un fluido (transmitiéndose a través del mismo y/o reflejándose en el volumen cercano a la superficie del mismo y/o en el elemento trasero, en función de ciertos parámetros del fluido y de las características del elemento trasero) y la luz detectada por un sistema detector de luz dispuesto en el mismo plano que la fuente de iluminación.

Las figuras 4A y 4B representan el funcionamiento del sistema de monitorización en modo de operación transmisión/reflexión.

La figura 5 ilustra el problema de la introducción del sistema de monitorización en un depósito de forma totalmente vertical, dificultándose la evacuación de aire en el canal de medida.

La figura 6 muestra un sistema de monitorización con altura del canal de medida variable, de acuerdo con una posible realización de la invención.

La figura 7 muestra un sistema de monitorización cuya ventana óptica está inclinada con respecto al plano definido por la placa trasera, de acuerdo con una posible realización de la invención.

La figura 8 ilustra los fenómenos de transmisión, absorción, scattering y reflexión difusa que pueden tener lugar en un medio en función de las características del mismo en términos de absorbancia, transmitancia y reflectancia. Nótese que se ha obviado el efecto de la reflexión especular.

#### DESCRIPCIÓN DE UN MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La figura 1A ilustra un esquema de un posible escenario de aplicación de un sistema de monitorización (o sistema de medida) 3 de un fluido mediante la inserción o acople del sistema de monitorización 3 en una toma estándar (toma simple) 5 de un tanque, tubería,

o en general, depósito 1 en el que se encuentra dicho fluido 2, de acuerdo con una posible realización de la invención. Al sistema de monitorización o medida se le denomina en ocasiones "sensor" a lo largo de la presente divulgación. La monitorización o medida se realiza por espectrometría. El sistema de monitorización 3 de la invención está diseñado para integrarse en un depósito 1, acoplándose al mismo a través de una toma simple, tal como una toma hidráulica estándar, sin necesidad de realizar un bypass mediante conductos o tuberías, que desvíen el fluido para su monitorización. El sistema de monitorización 3 está diseñado para dejarse introducido en el depósito 1, de forma que el sistema 3 pueda tomar medidas del fluido sin necesidad de extraer una muestra de fluido del depósito 1. Aplicando una serie de algoritmos para la interpretación de las medidas tomadas relativas a diversos parámetros, tales como al color del fluido 2, se obtiene información sobre el fluido, por ejemplo sobre su grado de degradación, y por tanto se puede actuar sobre el fluido en cuestión o tomar decisiones basadas por ejemplo en su grado de deterioro. El sistema de monitorización 3 puede tomar medidas periódicas o no periódicas (por ejemplo, a petición). El fluido 2 recogido en el depósito 1 es preferentemente un aceite lubricante industrial.

El sistema de monitorización 3 esquematizado en la figura 1A tiene una serie de elementos optoelectrónicos (no ilustrados en el esquema de la figura 1A) integrados en una carcasa, vaina o encapsulado, que constituye la parte externa del sistema o sensor. Las figuras 1B y 1C representan vistas de frente y perfil, respectivamente, de una posible implementación del sistema de monitorización 3. En ella, la carcasa, vaina o encapsulado tiene una forma que permite el paso del fluido 2 entre cuatro superficies externas 31 32 33 34 de la carcasa. Es decir, el fluido 2 pasa por una zona exterior 20 a la carcasa. Esta zona exterior es una especie de túnel, canal, conducto o zona de medida entre la superficie exterior de una primera porción 35 de la carcasa y la superficie exterior de una segunda porción 36 de la carcasa enfrentada a la primera porción 35 de la carcasa, definiendo ambas porciones el conducto o zona de medida 20 para el fluido. La segunda porción 36 tiene forma de U, definiendo esta forma el canal o zona de medida 20 por el que fluye el fluido cuando el sistema de monitorización 3 se ha acoplado al depósito 1 de fluido 2 bajo supervisión.

La figura 1D representa una vista de perfil de otra posible implementación del sistema de monitorización 3. Como en el caso anterior, la carcasa, vaina o encapsulado del sistema o sensor tiene una forma que permite el paso del fluido 2 entre tres superficies externas 31' 32' 33' de la carcasa. Estas tres superficies 31' 32' 33' definen el canal o zona de medida entre la superficie exterior de una primera porción 35 de la carcasa y la superficie

exterior de una segunda porción 36 de la carcasa enfrentada a la primera porción 35 de la carcasa, definiendo ambas porciones el conducto o zona de medida 20 para el fluido. Es decir, como se aprecia en la figura 1B, la carcasa tiene un determinado grosor, espesor o fondo "z1" en la primera y en la segunda porciones, y experimenta un estrechamiento en su espesor "z2" en una porción intermedia 37 entre las primera y segunda porciones 35 36, de forma que la carcasa queda dividida en dos porciones unidas por una parte estrecha 37 de la carcasa, quedando un hueco o canal 20 por el que fluye el fluido cuando el sistema de monitorización 3 se ha acoplado al depósito 1 de fluido 2 bajo supervisión. Aunque en las figuras 1B-1D la superficie que delimita la zona de medida 20 se ha ilustrado como paredes o superficies planas (31-34, 31'-33'), otras implementaciones de la carcasa podrán realizarse con superficies curvadas, por ejemplo una superficie curvada sustancialmente, en la que por tanto no pueda establecerse una clara diferenciación entre dichas superficies 31-34 o 31'-33'.

En función de la configuración del depósito 1 que recoge el fluido 2 bajo análisis, la toma o acople 5 en el depósito 1, a través de la cual se inserta o acopla el sensor o sistema de monitorización 3 en el depósito 1, puede estar en un lateral del depósito 1, como es el caso de la configuración mostrada en la figura 1A, o puede estar en la parte superior (por ejemplo, tapa) del depósito 1. En el primer caso, el sistema de monitorización 3 se inserta en el depósito 1 de forma oblicua al mismo. En el segundo caso, el sistema de monitorización 3 se inserta en el depósito 1 de forma perpendicular al mismo.

En la figura 2A se ilustra en mayor detalle el sistema de monitorización 13 de acuerdo con una posible implementación de la invención. En relación con esta figura se describen elementos optoelectrónicos del sistema, que se integran o soportan en una estructura que a su vez se inserta en la carcasa, vaina o encapsulado descritos anteriormente. La figura 2B muestra una posible carcasa en la que se inserta la estructura o soporte (mostrada en la figura 2C) en la que se colocan los elementos ópticos y electrónicos del sistema. El sistema de monitorización tiene una parte óptica (subsistema óptico) 140 y una parte electrónica (subsistema electrónico) 150. El subsistema óptico 140 ocupa la segunda porción 136 de la carcasa del sistema y una parte de la primera porción 135 de la carcasa, entendiéndose por primera y segunda porciones las referenciadas como 35, 36 en las figuras 1B-1D anteriores. En concreto, de la primera porción 135 de la carcasa, el subsistema óptico 140 ocupa la parte más próxima al canal externo 120 al sistema de monitorización 13, por el que fluye el fluido bajo supervisión. La figura 2A muestra dicho canal 120. La flecha a lo largo del canal 120 representa el flujo de fluido en el canal 120. El subsistema electrónico 150 ocupa la parte de la primera porción 135 de la carcasa más

alejada al canal 120 definido por la superficie externa de la carcasa (31-34 en la figura 1B, 31'-33' en la figura 1D).

El subsistema óptico 140 está formado, entre otros elementos, por unos medios de emisión/recepción de luz 41. Los medios de emisión/recepción de luz 41 se componen de un sistema de iluminación 411 y un sistema detector de luz 412. El sistema de iluminación 411 está formado por al menos una fuente de iluminación. El sistema detector de luz 412 está formado por uno o más detectores de luz. Los medios de emisión/recepción de luz 41 se encuentran en la primera porción 135 de la carcasa, que es la porción de la carcasa más robusta habida cuenta, por ejemplo, de sus dimensiones, frente a la segunda porción 136 de la carcasa, más expuesta al volumen total del fluido que ocupa el depósito 1 (véase las figuras 1A-1D). A modo de ejemplo, la primera porción 135 de la carcasa puede tener un diámetro que varía entre 25 y 30 mm (milímetros,  $10^{-3}$  metros) y una altura que varía entre 40 y 45 mm, mientras que la segunda porción 136 de la carcasa puede tener un diámetro que varía entre 20 y 25 mm y una altura que varía entre 7 y 12 mm. Es decir, el sistema de iluminación 411 y el sistema detector de luz 412 están situados en un mismo lado con respecto a la zona de medida 20, 120. Ejemplos no limitativos de fuentes de iluminación 411 son uno o más diodos emisores de luz (LED), una o más lámparas de tungsteno (lámpara que comprende tungsteno en sus filamentos), una o más lámparas de luz halógena, una o más lámparas de vapor de mercurio, entre otras. La fuente o fuentes de iluminación 411 puede(n) ser de banda ancha (como es el caso, por ejemplo, de la lámpara halógena), que ofrece espectro estable desde el ultravioleta hasta el infrarrojo lejano o profundo. En una posible implementación, la al menos una fuente de iluminación 411 es uno o más LEDs que emiten luz blanca para iluminar el fluido que fluye por el canal 120. Ejemplos no limitativos de sistemas detectores de luz 412 son detectores de luz ultravioleta (UV), detectores de luz visible (VIS), detectores de luz en el infrarrojo cercano (NIR) y combinaciones de los mismos. En una posible implementación, se utiliza al menos un sensor de color, por ejemplo un sensor de color RGB (configurado para captar la luz visible en la banda del rojo (R, *red*), verde (G, *green*) y azul (B, *blue*)). Con objeto de evitar o minimizar diafonía (más comúnmente conocida como *crosstalk*, por su término en inglés), es decir, que parte de la intensidad emitida por la al menos una fuente de iluminación llegue de vuelta al receptor sin efecto de la muestra, los medios de emisión/recepción de luz 41 pueden incorporar unos medios de apantallamiento 413, implementados por ejemplo como una pared separadora realizada por ejemplo de un material absorbente o de un material reflectante a las longitudes de onda de trabajo, entre la al menos una fuente de iluminación 411 y el

al menos un sistema detector de luz 412.

El sistema detector de luz 412 está preferentemente dispuesto en el mismo plano que la al menos una fuente de iluminación 411 (ambos del mismo lado o porción del sistema con respecto del canal 20, 120), como ilustra la figura 2D. Como se explica más adelante, el sistema detector de luz 412 está configurado para detectar la luz reflejada en una profundidad cercana a la superficie del fluido (reflexión difusa) y para detectar la luz transmitida a través del fluido y reflejada en un elemento óptico trasero que se describe más adelante.

El subsistema óptico 140 puede incluir también uno o más fotodiodos de control 43, configurados para emparejarse a la al menos una fuente de iluminación 411 de los medios de emisión/recepción de luz 41. La función del uno o más fotodiodos de control 43 es medir la intensidad emitida por la al menos una fuente de iluminación 411, para poder controlar dicha intensidad emitida. Al aumentar la temperatura del sistema, la intensidad luminosa emitida por la fuente de iluminación disminuye y, por lo tanto, disminuye la cantidad de luz que incide en la muestra. Esta disminución en la cantidad de luz que incide en la muestra puede llegar a causar que la medida no sea correcta. Para evitar este efecto, preferentemente se implementa un control en lazo cerrado de la potencia de emisión de la fuente de iluminación. Este control en lazo cerrado puede implementarse como sigue: en base a la cantidad de luz recibida en el fotodiodo de control 43, se calcula el valor de intensidad al que hay que encender la fuente de iluminación para conseguir que la intensidad de luz emitida sea la adecuada para realizar la medida. El valor de intensidad adecuado se obtiene mediante un proceso de calibración que se realiza preferentemente en fabricación. En la figura 2A, el ángulo  $\phi$  representa el ángulo de emisión de la fuente de iluminación 411, el ángulo  $\alpha$  representa el ángulo de recepción del fotodiodo de control 43 y el ángulo  $\beta$  representa el ángulo de recepción del sistema detector de luz 412. Además, Pd-c(V) se refiere al valor de la medida realizada por el fotodiodo de control 43, RGB(mA) representa el valor de la medida del sistema detector de luz 412 y LED(mA) representa el valor de la corriente a la que se tiene que encender el al menos un emisor de la fuente de iluminación 411. La al menos una fuente de iluminación 411, el al menos un sistema detector de luz 412 y el al menos un fotodiodo de control 43 se controlan desde el subsistema electrónico 150. Por ejemplo, desde el subsistema electrónico 150 se proporciona la corriente necesaria para la alimentación de la al menos una fuente de iluminación 411, en el subsistema electrónico 150 se recibe y procesa la señal detectada por el al menos un sistema detector de luz 412 y se recibe y procesa la señal proporcionada por el fotodiodo de

control 43.

Preferentemente, entre la al menos una fuente de iluminación 411 y el al menos un fotodiodo de control 43 se dispone un difusor 48 cuya misión principal es la difusión de la cantidad de luz emitida por la al menos una fuente de iluminación 411 para conseguir una  
5 iluminación homogénea en toda la zona bajo inspección (zona 120 ocupada por el fluido, tal como aceite, bajo análisis). El difusor 48 es de un material sustancialmente transparente a las longitudes de onda de trabajo pero que tiene la función de dispersar la luz. Así, la al menos una fuente de iluminación 411 puede iluminar adecuadamente el fluido que circula por la zona de medida 120. En una posible realización, el difusor 48 es  
10 un cristal, por ejemplo un cristal esmerilado.

El subsistema óptico 140 incluye también una ventana óptica 44. En la figura 2B, la referencia 44 se refiere al hueco ocupado por esta ventana óptica 44, que en la figura 2B no se ha ilustrado. Es decir, la superficie de la segunda porción 35, 135 de la carcasa del sensor o sistema de monitorización, que es una de las superficies del sistema que  
15 definen el canal 20, 120, y por tanto una de las superficies en contacto con la muestra de fluido que pasa por el canal 20, 120, está sellada herméticamente por una ventana de protección transparente 44 (transparente a la longitud de onda de trabajo). La superficie sellada corresponde con la pared 33 en la figura 1B y con la pared 33' en la figura 1D de la segunda porción 35 de la carcasa del sensor o sistema de monitorización. La fuente de  
20 iluminación 411 está orientada hacia el canal 20, 120 por el que fluye el fluido. La ventana de protección transparente 44 se sitúa entre los medios de emisión/recepción de luz 41 y la zona 20, 120 por la que fluye el fluido. En una posible realización, no limitativa, esta ventana de protección transparente 44 se realiza, por ejemplo, de vidrio borosilicato (Vidrio óptico BK7) o de un material plástico, tal como PMMA. A través de esta ventana  
25 óptica 44 la luz emitida por la fuente de iluminación 411 viaja hasta el fluido que se encuentra en el hueco, ranura o canal 120. La ventana óptica 44 permite que sustancialmente toda la luz que llega a la misma se transmita por su interior hacia el canal 20, 120.

Al otro lado del canal 120, es decir, en la segunda porción 136 de la carcasa del sistema,  
30 se encuentra otro elemento del subsistema óptico 140. Se trata de un elemento óptico trasero o placa trasera 45. Este elemento óptico trasero 45 forma al menos parte de la superficie de la primera porción 36, 136 de la carcasa que define el canal de medida 20, 120. Por ejemplo, en el esquema de la figura 1B, el elemento óptico trasero está integrado en la pared 31, o en el esquema de la figura 1D, el elemento óptico trasero está

integrado en la pared 31'. En función de diversos factores, tales como el tipo de fluido (tal como aceite) empleado o del grado de degradación previsible del fluido bajo análisis, el elemento óptico trasero 45 se diseña de forma que proporcione un cierto (mayor o menor) grado de reflexión. En posibles implementaciones de la invención, el elemento óptico trasero 45 se implementa como una superficie negra, o como un espejo plano o como un espejo cóncavo o parabólico configurado para concentrar los rayos reflejados en el sistema detector de luz 412. Es decir, la región de fluido en la que se realiza la medida está definida por el canal 20, 120, la ventana óptica 44 y el elemento óptico trasero 45.

A su vez, el subsistema electrónico 150 tiene unos medios de procesado 51 para las tareas de activación/desactivación de la iluminación (control de la(s) fuentes de iluminación) y para el procesado y cálculo de las señales obtenidas, procedentes del sistema detector de luz, para obtención de indicadores de degradación de aceite en función de las medidas tomadas. En una posible realización, no limitativa, los medios de procesado 51 se implementan mediante un microcontrolador embebido, programado para realizar dichas tareas de activación/desactivación de iluminación y de cálculo y procesado de señales. Los medios de procesado 51 albergan los siguientes algoritmos (cuyo contenido concreto queda fuera del alcance de la presente invención):

-uno o más algoritmos de control de la iluminación 511, que se encargan de que la intensidad de la luz emitida por la al menos una fuente de iluminación 411 se ajuste a una consigna de iluminación; los parámetros de entrada de este algoritmo son la medida del fotodiodo de control 43 (Pd\_c(V)) y una consigna de iluminación, mientras que el parámetro de salida es la corriente que debe aplicarse al sistema de iluminación (Led(mA));

-uno o más algoritmos de cálculo de degradación de aceite 512, diseñados para calcular un indicador de degradación a partir de la lectura RGB realizada en el sistema detector de luz 412; y

-uno o más algoritmos de calibración 513, diseñados para un ajuste de intensidades de trabajo y toma de referencia.

El subsistema electrónico 150 tiene además otros elementos, como drivers de comunicación 52 que permiten al sistema 13 comunicarse con equipos externos para recibir comandos (instrucciones para realizar medidas, realizar calibración, etc.) y para transmitir medidas o resultados del procesado realizado en los medios de procesado 51; fuente de alimentación 53, diseñada para alimentar todos los dispositivos electrónicos del sistema 13; medios de memoria 54, configurados para almacenar resultados de medidas

y parámetros de los algoritmos; y sensor de temperatura 55, para conocer y monitorizar la temperatura del sistema 13.

El sistema de monitorización 13 comprende también medios de conexión, que pueden ser cableados, como por ejemplo el conector 60 mostrado en la figura 2A o el cableado 4  
5 mostrado en la figura 1A, o inalámbricos, para la comunicación con equipos externos o para recibir alimentación externa en caso de que sea necesaria.

En función de las circunstancias, tales como el tipo de sistema industrial bajo monitorización, o del tipo (y por tanto, de la absorbancia y reflectancia) de fluido – preferentemente aceite lubricante- que se esté monitorizando, o de la previsible velocidad  
10 de degradación que de dicho fluido se pueda esperar, se podrá elegir entre distintas implementaciones del elemento óptico trasero 45. Como se ilustra en la figura 2A, el fluido que fluye en el canal 20, 120 puede ser un fluido considerado opaco (es decir, un fluido de absorbancia mayor de 1,0) o un fluido considerado traslúcido (es decir, un fluido de absorbancia menor de 1,0). En el caso de aceites lubricantes para maquinaria  
15 industrial, como por ejemplo motores de gas, existen aceites opacos (absorbancia mayor de 1,0, tales como mayor de 2,0 o mayor de 3,0 a la longitud de onda de trabajo) incluso cuando están limpios, es decir, antes de empezar a usarse y por tanto degradarse; y también existen aceites que inicialmente (por ejemplo cuando están limpios) son traslúcidos (absorbancia menor de 1,0, tales como menor de 0,5 o menor de 0,2 o menor  
20 de 0,1 a la longitud de onda de trabajo) y que, a lo largo de su vida útil, su absorbancia va aumentando con el paso del tiempo y del uso como lubricante de la maquinaria de que se trate, hasta llegar a tener una alta opacidad al final de su vida útil (por ejemplo, presentando una absorbancia en torno a 1,0 o superior, como 2,0 o 3,0 en la longitud de onda de medida). En cualquier caso, a medida que se usan como lubricantes, su  
25 absorbancia va aumentando debido a procesos de oxidación, entre otros.

El sistema de monitorización de la presente divulgación se implementa preferentemente de forma que el elemento óptico trasero 45 sea intercambiable, para adaptarse al tipo de fluido que se desee monitorizar. Así, con el diseño de los medios de emisión/recepción de luz 41 y del elemento óptico trasero 45, es posible cubrir distintos casos de uso,  
30 seleccionando el elemento óptico trasero 45 entre distintas posibles opciones. Las figuras 3A-3C esquematizan el recorrido de la radiación óptica emitida por la al menos una fuente de iluminación 411 al viajar hacia un fluido que ocupa el canal 20, 120 y la luz detectada por el al menos un sistema detector de luz 412 dispuesto en el mismo lado que la al menos una fuente de iluminación 411 (ambos del mismo lado del canal 20, 120) y,



preferentemente, en un mismo plano para facilitar el diseño óptico. En estas figuras, se explica el papel desempeñado por el elemento óptico trasero 45 con respecto a la radiación óptica procedente de la al menos una fuente de iluminación 411 que consigue llegar a dicho elemento óptico trasero 45 (flecha continua). Las flechas punteadas representan la reflexión difusa en el fluido, presente en mayor o menor medida en función del tipo de fluido.

El modo de operación predominante está determinado por el tipo de elemento óptico trasero 45 elegido y las características del fluido monitorizado. Así, en la figura 3A, en la que se ha usado un material absorbente desde el punto de vista óptico (es decir, un material que a la longitud de onda (o longitudes de onda) de trabajo sustancialmente no refleja nada de luz) para implementar el elemento óptico trasero 451, se observa cómo este material absorbente no refleja nada, de forma que sustancialmente toda la contribución de señal recibida en el sistema detector de luz 412 corresponde (línea punteada) a la señal de reflexión difusa en la muestra. Ejemplos no limitativos de materiales absorbentes son nylon negro y aluminio anodizado, entre otros. Se recomienda la configuración de la figura 3A cuando se desea asegurar que solo se mide reflexión difusa generada en la muestra. En este caso, el modo de operación predominante es modo reflexión, pues la medida principal de radiación óptica realizada por el al menos un sistema detector de luz 412 es la relativa a la reflexión difusa (flecha discontinua).

Por su parte, en la figura 3B, en la que el elemento óptico trasero 452 se ha implementado mediante un material reflexivo no curvado desde el punto de vista óptico (es decir, un material que a la longitud de onda (o longitudes de onda) de trabajo refleja sustancialmente toda la luz que incide sobre dicho material reflexivo), se observa cómo el elemento óptico trasero 452 refleja todo (flecha continua que parte del elemento óptico trasero 452), por lo que el sistema detector de luz 412 recibe intensidad de reflexión difusa (línea punteada) y señal de transmisión que se corresponde con la porción de luz transmitida a través del fluido y reflejada en la placa trasera 452 que se transmite de vuelta a través del fluido (línea continua que llega al sistema detector de luz 412). Ejemplos no limitativos de materiales reflexivos son aluminio pulido, nylon blanco, y en general, cualquier material que actúe como un espejo. En este caso, el elemento óptico trasero 452 actúa como emisor virtual, ya que el comportamiento es como si hubiese un emisor virtual al otro lado del fluido que ocupa el canal 20, 120. La flecha continua procedente del elemento trasero 452 se refiere a la radiación reflejada por dicho elemento trasero 452. En este caso, el modo de operación predominante es modo transmisión,

pues la medida principal de radiación óptica realizada por el al menos un sistema detector de luz 412 es la relativa a la radiación óptica procedente del elemento óptico trasero 452 que actúa como un emisor virtual (flecha continua).

5 Por último, en la figura 3C, en la que el elemento óptico trasero 45 se ha implementado mediante un material reflexivo curvado, reflexivo focalizado o reflector curvado 453, éste concentra los rayos procedentes de la al menos una fuente de iluminación 411 que llegan hasta la placa trasera 453, en el área activa del sistema detector de luz 412, para maximizar la señal recibida. Es decir, el elemento óptico trasero 45 se ha implementado mediante un material que a la longitud de onda (o longitudes de onda) de trabajo refleja  
10 sustancialmente toda la luz que incide sobre dicho material reflexivo y además se diseña para que concentre la luz en el sistema detector de luz 412. Ejemplos no limitativos de implementaciones como ésta son las implementaciones mediante espejos curvos (parabólicos o cóncavos). Como en el caso de la figura 3B, en la figura 3C el sistema detector de luz 412 recibe intensidad de reflexión difusa (línea punteada) y señal de transmisión que se corresponde con la porción de luz transmitida a través del fluido y reflejada en la placa trasera 453 que se transmite de vuelta a través del fluido (línea  
15 continua que llega al sistema detector de luz 412), ésta última optimizada (llega focalizada del emisor virtual). Es decir, como en el caso de la figura 3B, el modo de operación predominante es modo transmisión, pues la medida principal de radiación óptica realizada por el al menos un sistema detector de luz 412 es la relativa a la radiación óptica procedente del elemento óptico trasero 453 que actúa como un emisor virtual (flecha continua).

Estas configuraciones (figuras 3B y 3C) se recomiendan para medir el nivel de transmitancia de la muestra. Sin embargo, si el fluido a monitorizar tiene una absorbancia elevada (fluidos opacos o muy opacos), no llegará apenas señal a la placa trasera y el comportamiento del sistema será similar al descrito en el caso de la figura 3A, es decir, se trabaja en modo reflexión a pesar de tener una placa trasera reflectante 452, 453.  
25

Es decir, gracias a la ubicación de los medios ópticos de emisión/recepción 41 del mismo lado del fluido, y del elemento óptico trasero 45 situado al otro lado del fluido con respecto a los medios ópticos de emisión/recepción 41, se consigue un modo de  
30 operación en reflexión o en transmisión que va a permitir monitorizar un amplio rango de fluidos en términos de absorbancia (transmitancia) y reflectancia.

Las figuras 4A y 4B representan el funcionamiento del sistema de monitorización. Concretamente, la figura 4A representa el comportamiento óptico de los rayos

transmitidos por la al menos una fuente de iluminación 411 al entrar en contacto con el fluido que llena el canal 20, 120 cuando el fluido que llena el canal 20, 120 es un fluido de alta opacidad 72, es decir, cuando el fluido presenta una absorbancia mayor de 1,0, tal como mayor de 2,0 o mayor de 3,0 (parte inferior de la figura 4A); y cuando el fluido que  
5 llena el canal 20, 120 es un fluido de baja opacidad 71, es decir, cuando el fluido presenta una absorbancia menor de 1,0, tal como menor de 0,5 o menor de 0,2 o menor de 0,1 (parte superior de la figura 4A).

Cuando se emite una radiación óptica que incide en un fluido de alta opacidad 72, prácticamente nada de la luz consigue atravesar el fluido 72 debido a la opacidad de  
10 éste, ya que la luz se absorbe en una profundidad cercana a la superficie y la parte que no es absorbida puede salir otra vez de la muestra en forma de reflexión difusa debido al scattering (dispersión) producido por las reflexiones internas en el fluido (véase figura 8). En este caso, el modo de operación predominante es el modo en reflexión. En estas circunstancias, el comportamiento de los rayos de luz en el fluido es sustancialmente el  
15 mismo independientemente del tipo de placa trasera utilizada 45, ya que prácticamente ningún rayo llega hasta la placa trasera.

Por el contrario, cuando se emite una radiación óptica que incide en un fluido de baja opacidad 71, una alta proporción de la luz emitida por la fuente atraviesa el fluido. En este caso, el modo de operación predominante es el modo en transmisión, porque la radiación  
20 luminosa es capaz de atravesar el fluido y la componente debida al scattering es en proporción mucho menor (debe tenerse en cuenta además que el efecto del scattering depende de las características propias del fluido). En caso de que la placa trasera del sistema sea reflectante 452, 453, toda la luz que llegue a esta superficie se reflejará y volverá de vuelta a través del fluido. Si, por el contrario, la placa trasera es absorbente  
25 451, toda la luz que incide en esta superficie será absorbida y nada volverá de vuelta a través del fluido.

La elección de la placa trasera 451, 452, 453 depende de las características del fluido a monitorizar y de su evolución durante su uso. La utilización de una placa trasera absorbente 451 permite obtener información sobre el nivel de reflexión difusa debida al  
30 scattering en la muestra, lo que puede dar información sobre la aparición de partículas en la misma, puede indicar por ejemplo la aparición de barnices. Mientras que una placa trasera reflectante 452, 453 permite realizar por ejemplo una monitorización del nivel de absorbancia de la muestra, cambios en el color, etc. Todos estos efectos son indicativos del estado de degradación del aceite.

Como se ha indicado, el fluido lubricante en su estado inicial y su evolución durante su uso condicionan la elección de la placa trasera 45, de forma que un fluido lubricante considerado opaco en estado inicial (limpio) podrá determinar la elección de una placa trasera absorbente 451, mientras que un fluido lubricante considerado traslúcido en estado inicial, podrá determinar la elección de una placa trasera reflexiva 452, 453. La figura 4B muestra en detalle los principales componentes del subsistema óptico 140 y los modos predominantes (modo reflexión y modo transmisión) en función de la opacidad del fluido que ocupa el canal 20, 120 y de la placa trasera o elemento óptico de reflexión 45 elegido. La referencia (i) se refiere a rayos de luz reflejados en las inmediaciones de la superficie del fluido (reflexión difusa) que son detectados en el sistema detector de luz 412, mientras que la referencia (ii) se refiere a rayos de luz que atraviesan el fluido y que son reflejados por el elemento óptico trasero 45 (cuando éste actúa como emisor virtual), de forma que viajan de vuelta por el fluido. Así, cuando se elige una placa trasera absorbente 451, el sistema detector de luz 412 sustancialmente solo recibe los rayos (i), es decir, los rayos de luz reflejados por reflexión difusa, independientemente de que el fluido tenga mayor o menor opacidad, ya que los rayos emitidos por la fuente de iluminación 411 que hayan logrado atravesar el fluido, si los hubiera, son absorbidos por elemento óptico trasero absorbente 451. El sistema trabaja en este caso de forma predominante en modo reflexión, porque la mayor parte de la radiación detectada por el detector 412 es la componente (i) reflejada en el fluido. Por el contrario, cuando se elige una placa trasera reflexiva 452, 453, el sistema detector de luz 412 recibe los rayos (i) (reflexión difusa) más los rayos reflejados (ii) por el elemento óptico trasero reflexivo 452, 453 que hayan logrado atravesar de vuelta el fluido. En este caso, si el fluido es opaco, es decir, de absorbancia mayor de 1,0, tal como mayor de 2,0 o mayor de 3,0, la componente (i) podrá ser mayor que la (ii), porque el fluido opaco 72 permite el paso de poca radiación reflejada. El sistema trabaja en este caso de forma predominante en modo reflexión (difusa). Por el contrario, si el fluido es traslúcido (absorbancia menor de 1,0, tal como menor de 0,5 o menor de 0,2 o menor de 0,1), la componente (i) podrá ser menor que la (ii), porque el fluido de baja opacidad 71 permite el paso de mayor cantidad de radiación reflejada por la placa trasera 452, 453. El sistema trabaja en este caso de forma predominante en modo transmisión. En general, de las dos componentes de luz (i), (ii) que son detectadas por el sistema detector de luz 412, la menor de ellas puede llegar a ser nula.

Por otra parte, el hecho de trabajar con un sistema de monitorización diseñado para acoplarse de forma compacta y sencilla en una toma simple de un depósito y trabajar por

tanto en modo sumergido, obliga a superar ciertos inconvenientes: Por una parte, debe garantizarse que haya una renovación efectiva del fluido dentro del canal 20, 120. Nótese que el flujo del fluido a lo largo del canal de medida 20, 120 depende de las pequeñas diferencias de presión que existen en el depósito 1 debido a turbulencias internas, de la viscosidad del fluido y de la temperatura del fluido. Por ejemplo, se ha obtenido mediante simulación que con un incremento de presión de 17,07 Pascales entre la entrada y salida del sistema de monitorización, para un canal 20, 120 de 2 mm de espesor (distancia entre la ventana 44 y placa trasera 45) se consigue un caudal volumétrico de 0,053 ml/s.

Por tanto, la renovación de fluido en el canal de medida 20, 120 está garantizada en las condiciones de presión descritas. Por otra parte, debe garantizarse que a la hora de introducir el sistema de monitorización 3, 13 en el depósito 1, el sistema de monitorización 3, 13, evacue el aire que pueda contener en su cavidad de medida (canal de medida) 20, 120. La probabilidad de no evacuar el aire contenido en el canal de medida 20, 120 es mayor cuanto más verticalmente se introduce el sistema de monitorización 3, 13 en el depósito 1, y cuanto más viscoso sea el fluido bajo monitorización. El caso mayor riesgo de acumulación de aire en el canal de medida 20, 120 es aquel en el que se introduce el sistema de monitorización de forma totalmente vertical en un depósito que contiene un fluido muy viscoso (por ejemplo, 320 cSt), donde cSt son centiStokes, es decir, unidades de viscosidad, siendo  $1\text{cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^3$ .

La figura 5 ilustra el problema de la introducción del sistema de monitorización 3 en un depósito 1 de forma totalmente vertical, en cuyo caso las burbujas de aire acumuladas en el canal de medida tienen dificultades para evacuar el canal y, por tanto, éste no se llena con el fluido que se desea monitorizar 2.

Para garantizar la renovación de la muestra de fluido dentro del canal de medida 20, 120, garantizándose así que el sistema de monitorización tome medidas sobre muestras diferentes de fluido a lo largo del tiempo, en realizaciones de la invención se diseña un canal de medida 20, 120 de altura regulable para cada tipo de fluido. La figura 6 muestra un sistema de monitorización con altura H del canal de medida 20, 120 variable. En realizaciones de la invención, la altura H del canal 20, 120 puede variar entre 0,5 mm y 5 mm, por ejemplo entre 0,75 mm y 4 mm, o entre 1 mm y 3,5 mm, o entre 1,5 mm y 3 mm, o entre 1,75 mm y 2,75 mm.

Para evitar la acumulación de aire en el canal de medida 20,120, es decir, para favorecer la evacuación de aire de dicho canal 20, 120, en realizaciones de la invención se diseña la unión entre la ventana óptica 44 y el cuerpo o carcasa del sistema de monitorización

sin aristas. En otras realizaciones de la invención, se diseña dicha ventana óptica 44, que es preferentemente plana, con una cierta inclinación con respecto al plano definido por el elemento óptico trasero 45. Esta inclinación favorece la evacuación de aire del canal 20, 120. La figura 7 muestra un sistema de monitorización cuya ventana óptica 44 está inclinada con respecto al plano definido por el elemento óptico trasero 45. En realizaciones de la invención, la inclinación  $\rho$  puede variar entre 5 y 15°, por ejemplo entre 6 y 14°, o entre 7 y 13°, o entre 8 y 12°, o entre 9 y 11°. En realizaciones de la invención, se diseña la unión entre la ventana óptica 44 y el cuerpo o carcasa del sistema de monitorización sin aristas, y además se diseña la ventana óptica 44 inclinada un ángulo  $\rho$  con respecto al plano definido por el elemento óptico trasero 45.

Se ha construido un prototipo del sistema de monitorización descrito. El prototipo está compuesto por un emisor LED de luz blanca, un detector de color RGB y una anchura de canal (distancia entre ventana óptica y placa trasera) de 2 mm. La siguiente tabla muestra los valores obtenidos al realizar medidas con diferentes fluidos (fluido 1 a fluido 6) y diferentes configuraciones del sistema (placa trasera absorbente o reflectante) frente a datos obtenidos en el laboratorio. En todas las medidas realizadas con el prototipo y con la misma configuración de placa trasera el emisor envía la misma cantidad de luz. Este valor se determina durante el proceso de calibración del sensor (sistema de monitorización) en condiciones de vacío, es decir, sin fluido en el canal. En estas condiciones, el valor medido en el detector es del 80% respecto a su fondo de escala. Este valor se ha escogido por cuestiones de resolución del sensor, tales como para evitar situaciones de saturación del detector. Las dos últimas columnas se refieren a la medida tomada por el detector de color RGB en presencia de fluido en el canal. El fluido 1 es Beslux degradado. El fluido 2 es Beslux degradado intermedio. El fluido 3 es Beslux Referencia. El fluido 4 es Cepsa degradado. El fluido 5 es Cepsa degradado intermedio. El fluido 6 es Cepsa referencia.

	Absorbancia medida en laboratorio	Reflectancia medida en laboratorio	Medida Detector ( <u>Placa trasera Reflectante</u> )	Medida Detector ( <u>Placa trasera Absorbente</u> )
Fluido 1	3	4	32%	66%
Fluido 2	2	3,25	39%	62%
Fluido 3	1	4,5	44%	66%
Fluido 4	0,5	5,25	55%	67%
Fluido 5	0,2	6	63%	68%
Fluido 6	0,04	6,75	79%	69%

Como puede observarse, cuando se usa una placa trasera absorbente 451 (primera

columna por la derecha), y por tanto sustancialmente toda la radiación que pueda haber  
atravesado el fluido es absorbida por la placa trasera 451, para cualquiera de las  
muestras (fluido 1 a fluido 6) el detector mide un valor en torno al 60-70% de su fondo de  
escala. En este caso el sistema trabaja en modo reflexión. Por el contrario, cuando se  
5 usa una placa trasera reflexiva 452, 453 (segunda columna por la derecha), la medida  
obtenida por el detector de color RGB, varía mucho en función de la absorbancia del  
fluido, desde valores de fondo de escala próximos al 80% en fluidos muy translúcidos  
(fluido 6) hasta valores próximos al 30% en fluidos muy opacos (fluido 1). En este caso el  
sistema trabaja en modo predominante transmisión.

10 Como puede observarse, con respecto a sistemas de monitorización en toma simple del  
estado de la técnica, como por ejemplo el descrito en la solicitud de patente internacional  
WO2016/080824A1, la presente divulgación simplifica y abarata el diseño, fabricación y  
mantenimiento del sistema de monitorización, debido a que se necesita una única fuente  
de iluminación, que además se ubica en la zona más robusta del sistema de  
15 monitorización. En suma, el sistema de monitorización de la presente divulgación se  
implementa como un sensor 'enchufable' (acoplable a una toma simple de un depósito)  
que puede entregar una salida de degradación de aceite (o de su capacidad de  
lubricación), así como otros parámetros indicativos del aceite, como su nivel de aditivos  
antioxidantes, su grado de acidez, su nivel de oxidación y/o su nivel de presencia de  
20 barnices tanto si el fluido es opaco o translúcido. El sistema puede ser roscable, o de  
cualquier otra forma de acoplamiento sencilla, que no precise de canal de bypass en el  
depósito para la selección de la muestra de fluido. El sistema permite la medida en  
reflexión y/o transmisión de fluidos tanto opacos como transparentes, pasando por los  
diversos grados de translucidez. Se pueden emplear diversos elementos ópticos traseros,  
25 ya sean de material absorbente o reflectante, y en este caso tanto planos como curvados  
para focalizar los rayos. El sistema se ha optimizado para que, al introducirse en el  
depósito, se elimine el aire que pueda haber en el canal de medida, evitándose la  
presencia de aire en la zona de medida. Además, se ha optimizado para que se  
regeneren las muestras sobre las que se toman las medidas.

30 En este texto, la palabra "comprende" y sus variantes (como "comprendiendo", etc.) no  
deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo  
descrito incluya otros elementos, pasos etc.

Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han  
descrito sino abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el

experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.



## REIVINDICACIONES

1.- Un sistema de monitorización (3, 13) para la inspección de un fluido (2, 71, 72) contenido en un depósito (1) mediante la inserción de dicho sistema de monitorización (3, 13) en una toma (5) de dicho depósito (1), que comprende:

5 una zona de medida (20, 120) configurada para que circule por ella una muestra de dicho fluido (2, 71, 72);

estando el sistema de monitorización (3, 13) caracterizado por que comprende:

unos medios de emisión/recepción de luz (41) que consisten en un sistema de iluminación (411) y un sistema detector de luz (412) situados en un mismo lado del sistema de monitorización (3, 13) con respecto a dicha zona de medida (20, 120);

una ventana óptica (44) dispuesta entre dichos medios de emisión/recepción de luz (41) y dicha zona de medida (20, 120);

y un elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) situado al otro lado del sistema de monitorización (3, 13) con respecto a dicha zona de medida (20, 120),

15 estando dicho sistema de iluminación (411) configurado para emitir radiación óptica hacia dicha zona de medida (20, 120),

estando dicho sistema detector de luz (412) configurado para detectar una radiación óptica que comprende la luz (i) reflejada por dicho fluido (2, 71, 72) que circula por dicha zona de medida (20, 120) y/o la luz (ii) transmitida a través de dicho fluido (2, 71, 72) y reflejada en dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453),

comprendiendo además dicho sistema de monitorización (3, 13) un subsistema electrónico (150) que comprende medios de procesado (51) configurados para controlar la activación/desactivación del sistema de iluminación (411) y para procesar las señales obtenidas procedentes del sistema detector de luz (412).

25 2.- El sistema de monitorización (3, 13) de la reivindicación 1, en el que dicho elemento óptico trasero (45, 451) se implementa mediante un elemento absorbente desde el punto de vista óptico, estando dicho elemento óptico trasero (45, 451) configurado para impedir la reflexión de la luz transmitida a través de dicho fluido (20, 120).

30 3.- El sistema de monitorización (3, 13) de la reivindicación 1, en el que dicho elemento óptico trasero (45, 452, 453) se implementa mediante un elemento reflexivo desde el punto de vista óptico, estando dicho elemento óptico trasero (45, 452, 453) configurado para favorecer la reflexión de la luz transmitida a través de dicho fluido (20, 120).

4.- El sistema de monitorización (3, 13) de la reivindicación 3, en el que dicho elemento reflexivo desde el punto de vista óptico (452, 453) es un elemento reflexivo plano (452).

5.- El sistema de monitorización (3, 13) de la reivindicación 3, en el que dicho elemento reflexivo desde el punto de vista óptico (452, 453) es un elemento reflexivo cóncavo (453).

6.- El sistema de monitorización (3, 13) de la reivindicación 1, en el que dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) es intercambiable, de forma que en función de la absorbancia del fluido bajo inspección (2, 71, 72), se elige un elemento óptico trasero absorbente (451) o reflexivo (452, 453).

7.- El sistema de monitorización (3, 13) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un fotodiodo de control (43) configurado para medir la intensidad emitida por el sistema de iluminación (411).

8.- El sistema de monitorización (3, 13) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando dicho sistema de monitorización (3, 13) comprendido en una carcasa, en la que dichos medios de emisión/recepción de luz (41) están situados en una porción (136) de dicha carcasa y dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) está situado en otra porción (135) de dicha carcasa, donde dichas porciones (135, 136) de carcasa definen dicha zona de medida (20, 120), delimitando dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) y dicha ventana óptica (44) la zona de medida (20, 120).

9.- El sistema de monitorización (3, 13) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la altura (H) de dicha zona de medida (20, 120) es regulable para garantizar la renovación de la muestra de fluido (2, 71, 72) dentro de dicha zona de medida (20, 120).

10.- El sistema de monitorización (3, 13) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha ventana óptica (44) tiene una inclinación con respecto al plano definido por elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) para evitar la acumulación de aire en la zona de medida (20,120).

11.- El sistema de monitorización (3, 13) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un difusor (48) dispuesto entre dicho sistema de iluminación (411) de dichos medios de emisión/recepción de luz (41) y dicho al menos un fotodiodo de control (43).

12.- Un método de monitorización de un fluido (2, 71, 72) contenido en un depósito (1), que comprende:

insertar un sistema de monitorización (3, 13) en una toma simple (5) de dicho depósito (1), donde dicho sistema de monitorización (3, 13) comprende: una zona de

medida (20, 120) configurada para que circule por ella una muestra de dicho fluido (2, 71, 72); unos medios de emisión/recepción de luz (41) que consisten en un sistema de iluminación (411) y un sistema detector de luz (412) situados en un mismo lado del sistema de monitorización (3, 13) con respecto a dicha zona de medida (20, 120); una  
5 ventana óptica (44) dispuesta entre dichos medios de emisión/recepción de luz (41) y dicha zona de medida (20, 120); y un elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) situado al otro lado del sistema de monitorización (3, 13) con respecto a dicha zona de medida (20, 120);

hacer incidir una radiación óptica desde dicho sistema de iluminación (411) hacia  
10 dicha zona de medida (20, 120);

detectar por dicho sistema detector de luz (412) una radiación óptica que comprende la luz (i) reflejada por dicho fluido (2, 71, 72) que circula por dicha zona de medida (20, 120) y/o la luz (ii) transmitida a través de dicho fluido (2, 71, 72) y reflejada en dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453);

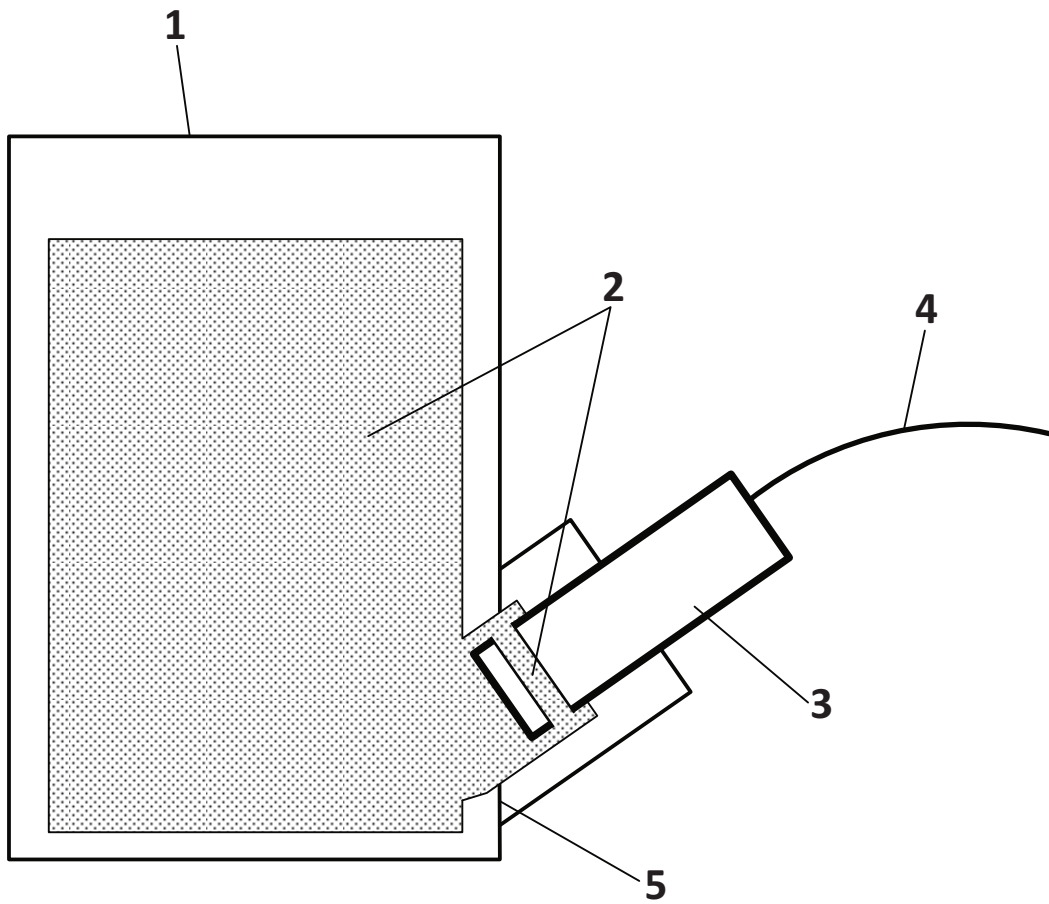
15 en un subsistema electrónico (150) comprendido en dicho sistema de monitorización (3, 13), controlar la activación/desactivación del sistema de iluminación (411) y procesar las señales obtenidas procedentes del sistema detector de luz (412).

13.- El método de la reivindicación 12, en el que cuando dicho fluido (2, 71, 72) tiene una absorbancia mayor de 1,0 en su estado inicial, dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) es un elemento óptico trasero absorbente (451).  
20

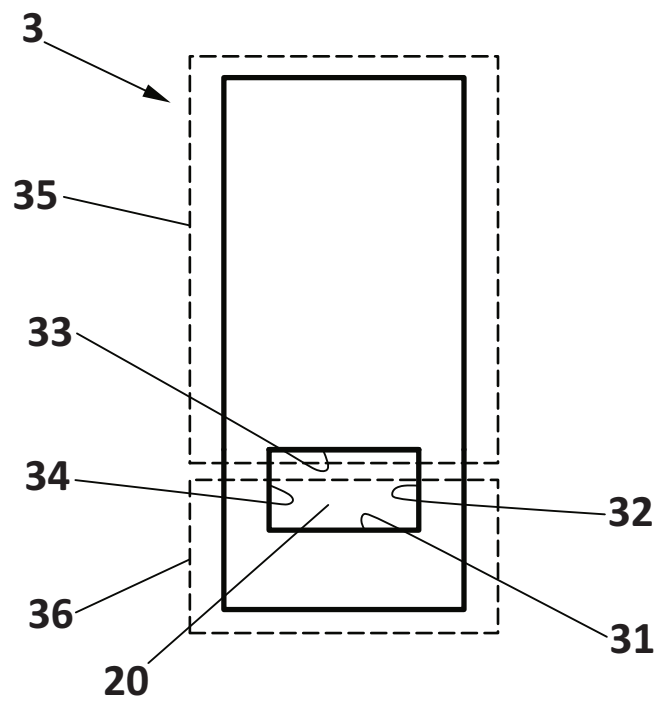
14.- El método de la reivindicación 12, en el que cuando dicho fluido (2, 71, 72) tiene una absorbancia menor de 1,0 en su estado inicial, dicho elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) es un elemento óptico trasero reflexivo (452, 453).

25 15.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que comprende además regular la altura (H) de dicha zona de medida (20, 120) para garantizar la renovación de la muestra de fluido (2, 71, 72) dentro de dicha zona de medida (20, 120).

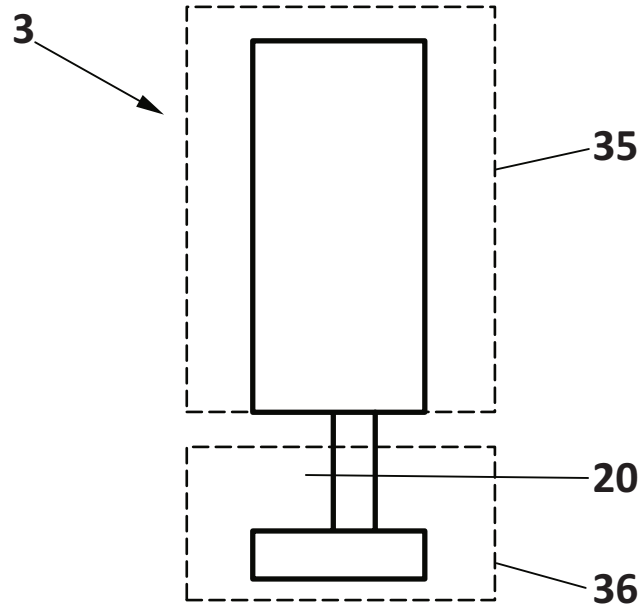
30 16.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 115 que comprende además inclinar dicha ventana óptica (44) con respecto al plano definido por elemento óptico trasero (45, 451, 452, 453) para evitar la acumulación de aire en la zona de medida (20,120).



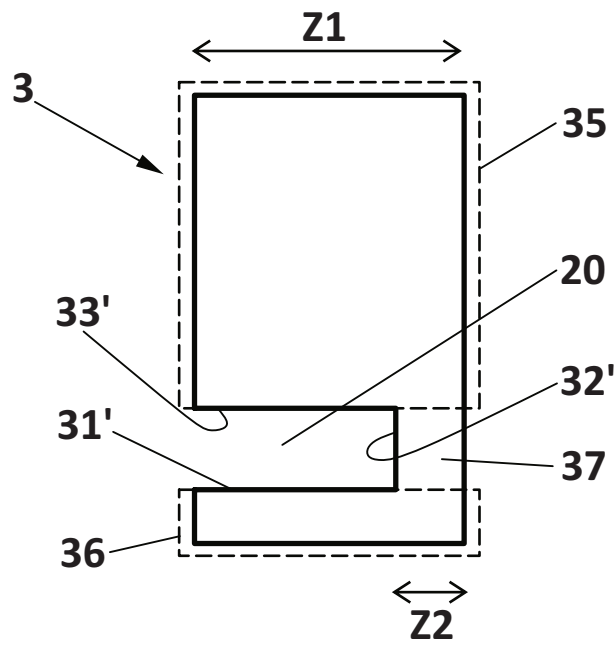
**FIG. 1A**



**FIG. 1B**



**FIG. 1C**



**FIG. 1D**

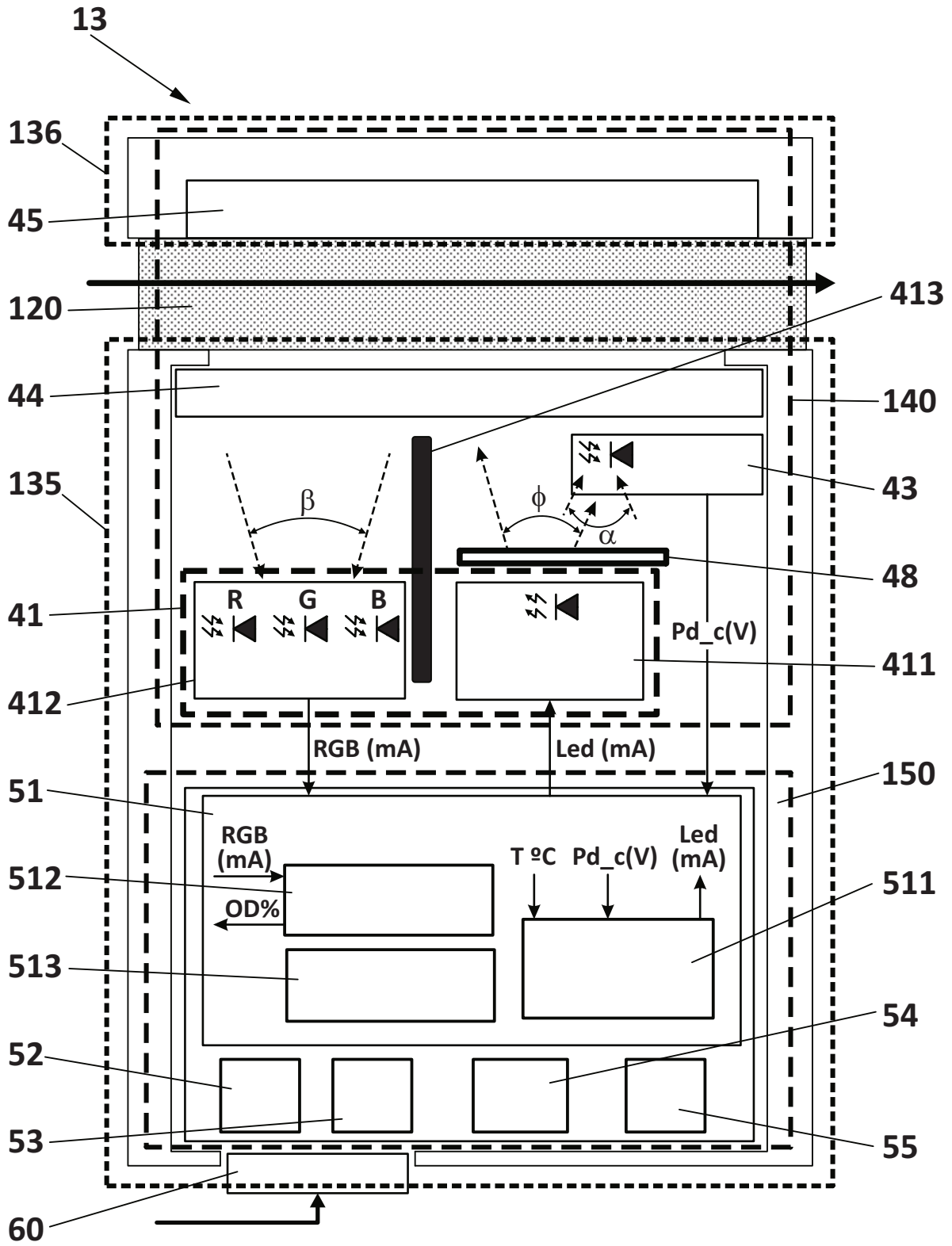
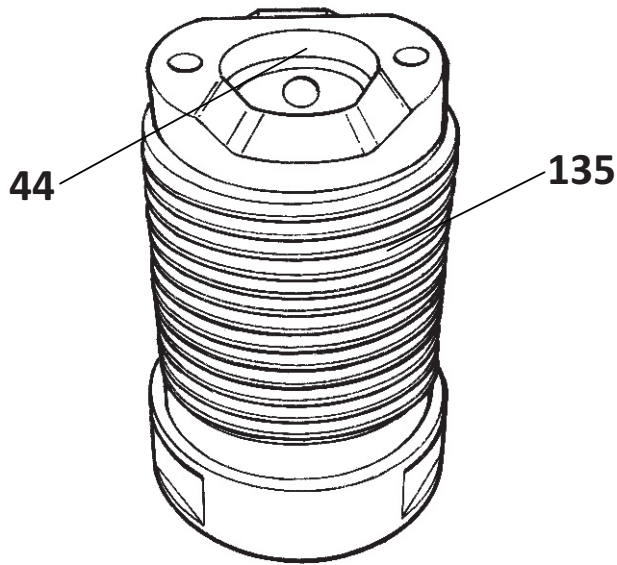
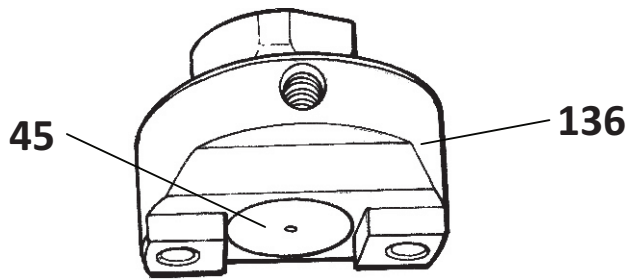
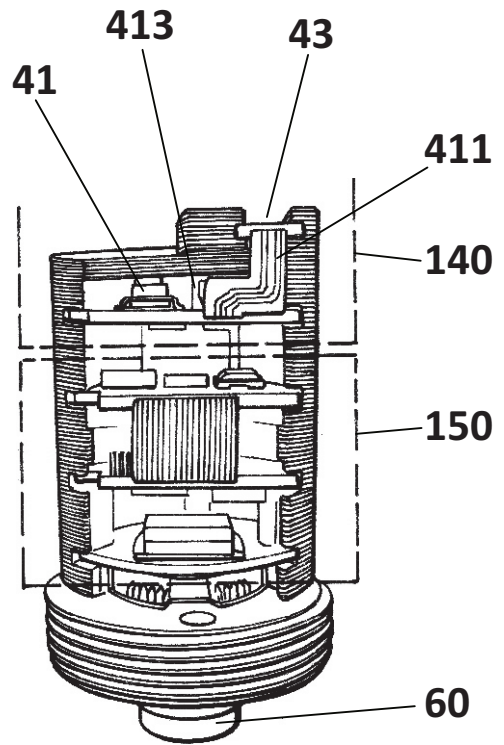


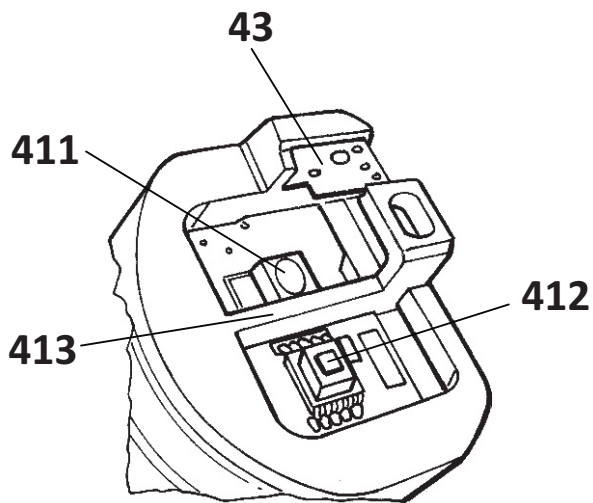
FIG. 2A



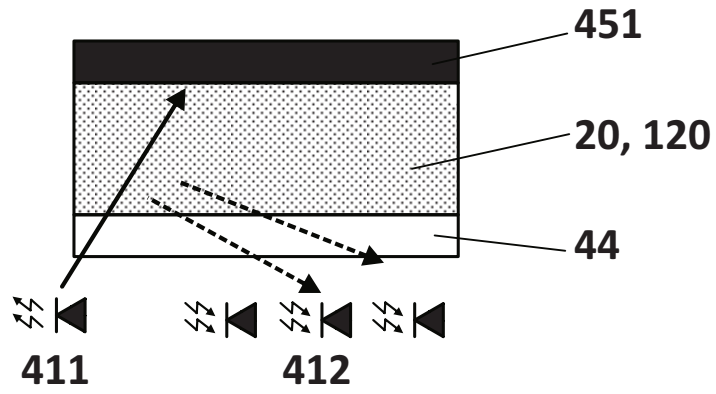
**FIG. 2B**



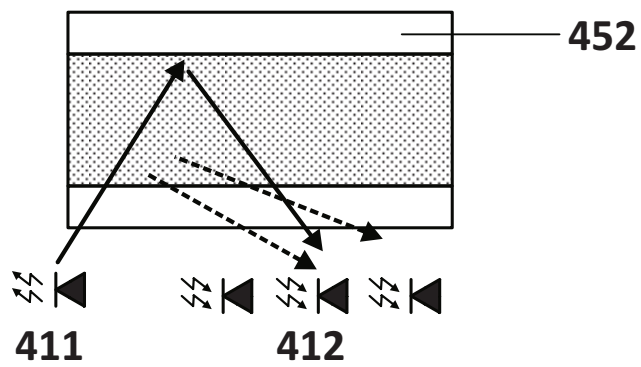
**FIG. 2C**



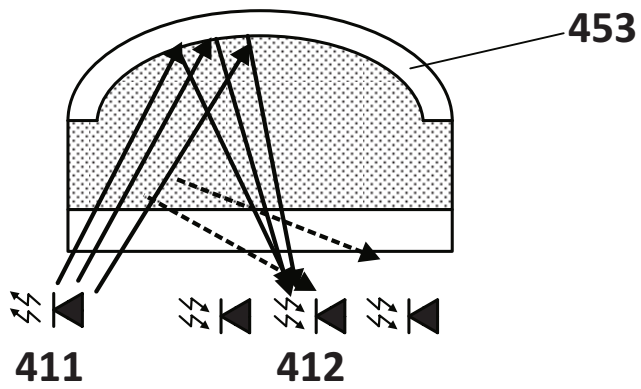
**FIG. 2D**



**FIG. 3A**



**FIG. 3B**



**FIG. 3C**



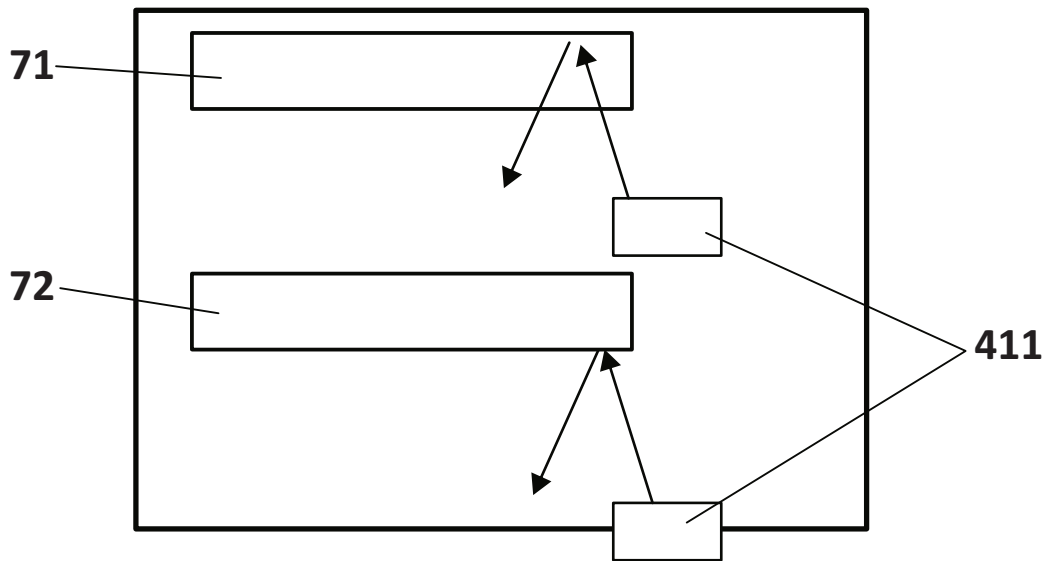


FIG. 4A

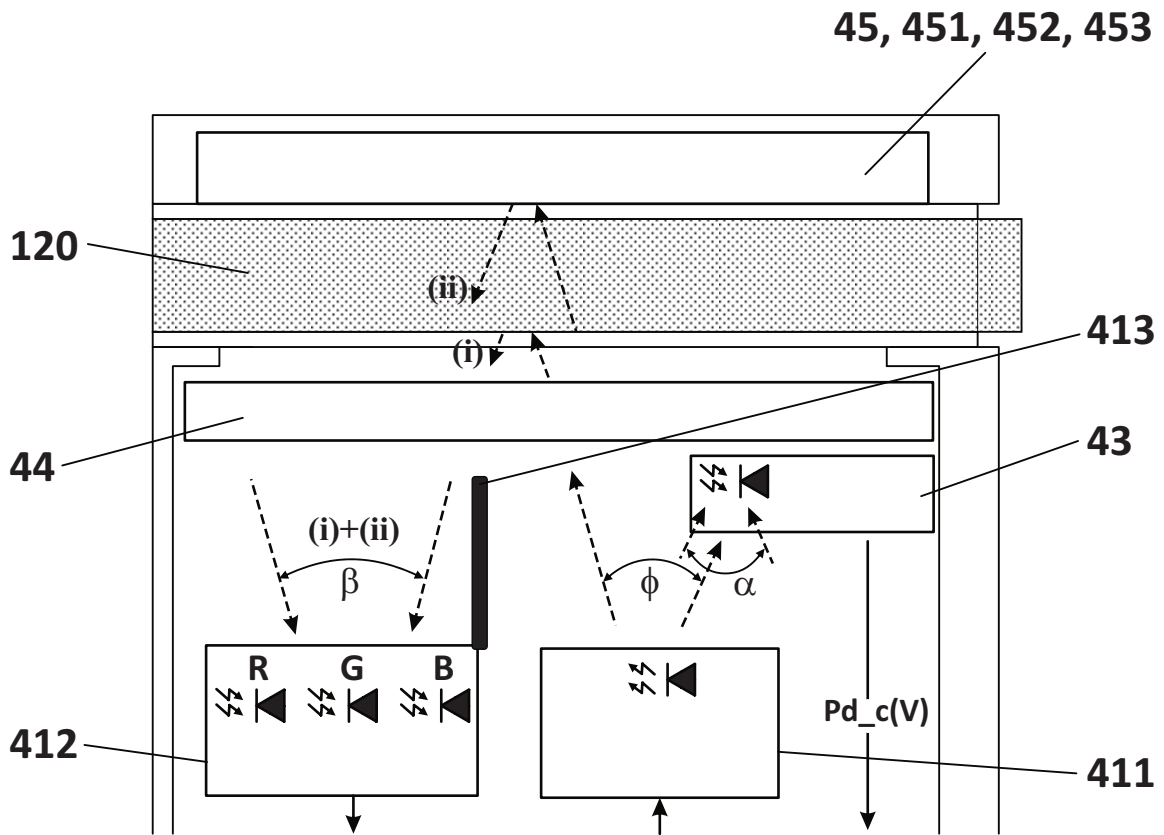
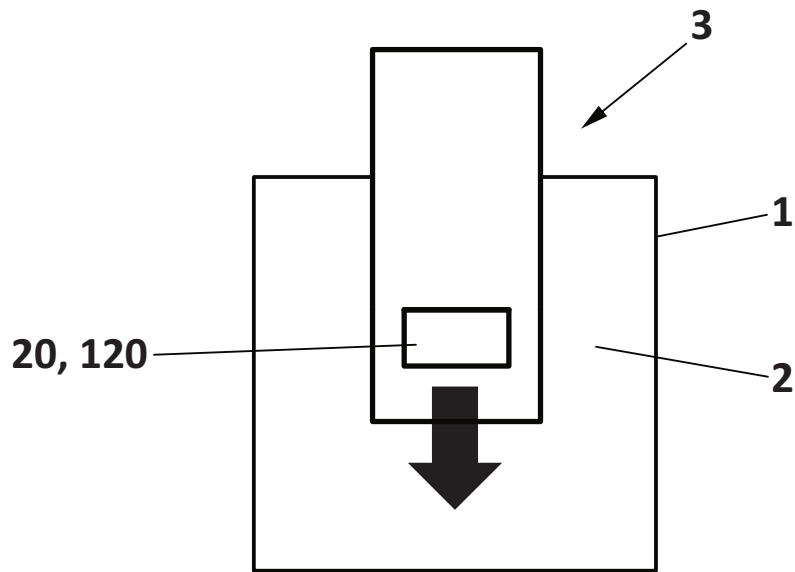
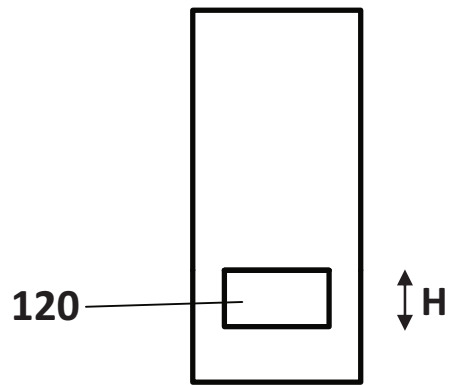


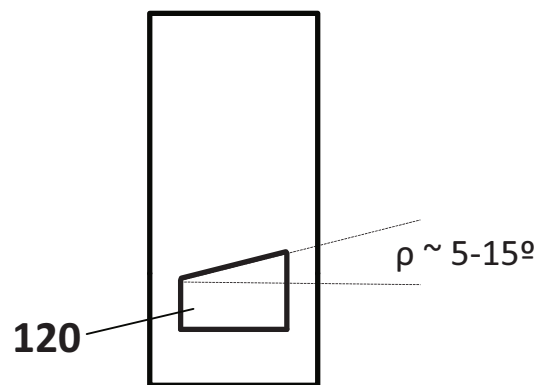
FIG. 4B



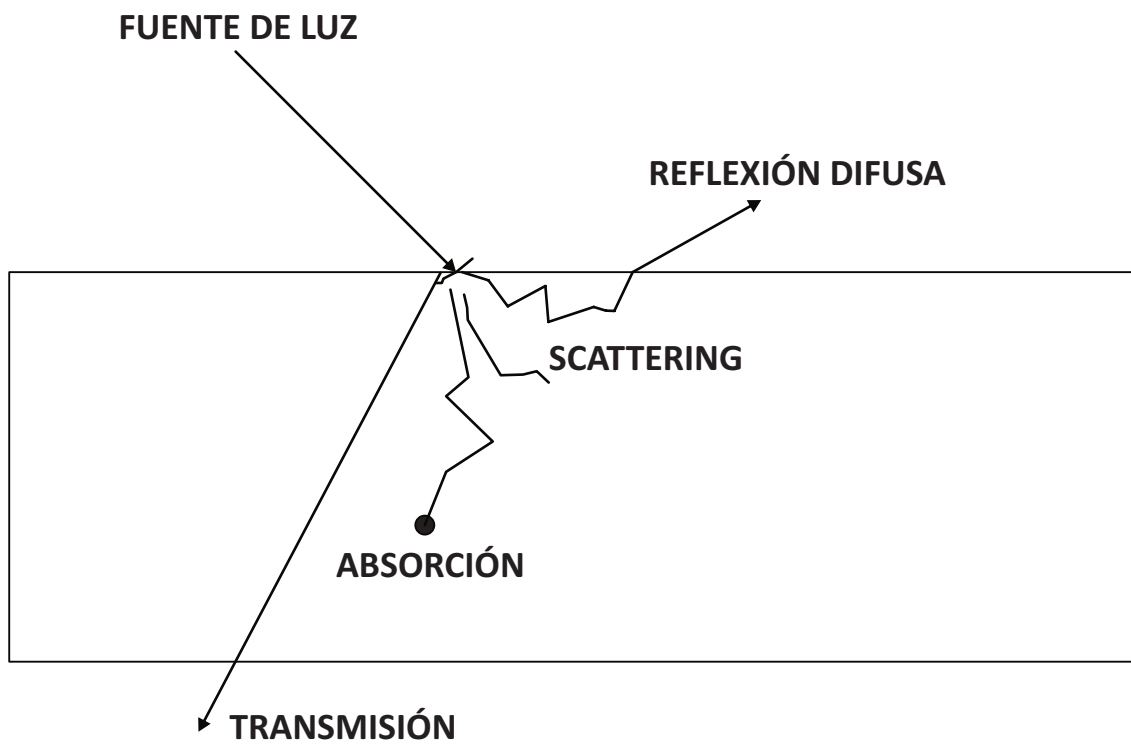
**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**



②① N.º solicitud: 201730848

②② Fecha de presentación de la solicitud: 27.06.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N21/31** (2006.01)  
**G01N33/28** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	WO 2008034945 A1 (MOVENTAS et al.) 27/03/2008, página 4, línea 22-página 5, línea 27; página 7, líneas 6-9; página 7, línea 25-página 9, línea 30; página 10, línea 16-página 11, línea 12; página 12, líneas 20-28; página 16, línea 32-página 17, línea 21; figuras 1-4, 7, 8	1,3,4,6,8,9,12,14,15 7, 11
Y	EP 3062085 A1 (NABTESCO) 31/08/2016, párrafos [25-27, 30, 41]; figuras 1, 2	7,11
X	GB 2408798 A (HORIBA et al.) 08/06/2005, página 1, línea 15-página 2, línea 9; página 5, líneas 1- 17; página 9, línea 23-página 12, línea 15; figuras 1-5	1,2,6,10,12,13,16
X	US 5708273 A (VONBARGEN) 13/01/1998, columna 2, líneas 38-55; columna 4, líneas 6-37; columna 5, líneas 44-55; columna 6, línea 6-columna7, línea 35; columna 8, líneas 7-34; figuras 1-3,5,6	1,3,5,6,8,9,12,14,15

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**  
03.07.2018

**Examinador**  
Javier Olalde Sánchez

**Página**  
1/2

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

G01N

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

INVENES, EPODOC, WPI