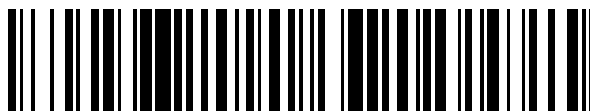


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 652**

51 Int. Cl.:

A61B 3/10 (2006.01)

G06F 19/00 (2011.01)

A61B 3/135 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2009 PCT/US2009/068353**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2010 WO2010071796**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2009 E 09801612 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 2375963**

54 Título: **Método y aparato para realizar verificación de calibración a distancia**

30 Prioridad:

17.12.2008 US 336893

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

19.06.2017

73 Titular/es:

**BAUSCH & LOMB INCORPORATED (100.0%)
One Bausch & Lomb Place
Rochester, NY 14604-2701, US**

72 Inventor/es:

**YOUSSEFI, GERHARD;
HOFF, JULIA;
HILGER, ANTON y
KLIEWER, MICHAEL, L.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 617 652 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para realizar verificación de calibración a distancia

5 Antecedentes**1. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere en general al servicio de sistemas de diagnóstico y, más en concreto, a verificar el estado de calibración de un sistema de diagnóstico.

2. Explicación de la técnica relacionada

15 En los sistemas de diagnóstico actualmente existentes como, por ejemplo, sistemas de diagnóstico óptico tales como sensores de frente de onda o sistemas de topografía corneal, se usan objetos de calibración para realizar y probar la calibración de hardware y software del sistema de diagnóstico. Estos objetos de calibración son dispositivos estandarizados que tienen características conocidas exactamente. En general, el procedimiento de calibración requiere que un operador experto monte y alinee los objetos de calibración en o sobre el sistema de diagnóstico que se calibra.

20 Con referencia a la figura 1, se ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de calibración para un sistema de diagnóstico. En primer lugar, en el paso 100, se monta y alinea un objeto de calibración en o delante del cabezal de medición del sistema de diagnóstico. Después de la alineación correcta del objeto de calibración, se realiza una medición del objeto de calibración (paso 110). Este paso 110 se denomina una adquisición dado que se adquieren datos de la medición. En el paso 120, los datos recogidos son procesados para crear una lectura de diagnóstico. Esta lectura de diagnóstico se compara a continuación con resultados esperados en base a las características conocidas del objeto de calibración (paso 130). En base al resultado de esta comparación, el operador es capaz de determinar si la calibración tuvo éxito (paso 140) o si la calibración falló, lo que indica un problema en el objeto de calibración o el sistema de diagnóstico (paso 150).

30 US 2008/0208018 A1 se refiere a un método y aparato para la determinación de un atributo del tejido de un individuo, por ejemplo, la determinación de la concentración de alcohol in vivo usando espectroscopia de Raman. El aparato incluye un subsistema de calibración para determinar la relación entre espectros de Raman y concentraciones de alcohol. Durante la calibración, hay que recoger datos de aprendizaje para determinar las propiedades de espectro Raman de tejido a una o varias longitudes de onda y las concentraciones de alcohol. Se usa un modelo matemático multivariable para clasificar atributos o para cuantificar cambios químicos usando espectros de Raman intrínsecos.

40 US 2007/0208244 A1 se refiere a un sensor de analito transcutáneo usando un módulo receptor de datos de referencia donde los datos de referencia incluyen un conjunto de valores de analito introducidos por un usuario en una interfaz y promediados por métodos conocidos. Los datos de referencia incluyen una pluralidad de valores de analito obtenidos de otro sensor de analito continuo.

Resumen de la invención

45 Los aspectos y las realizaciones se refieren a un método y aparato para facilitar el servicio a distancia de dispositivos de diagnóstico, en particular, para verificar a distancia la calibración de software de un dispositivo de diagnóstico después de una mejora de software u otra operación de servicio a distancia. Proporcionando la capacidad de verificar a distancia (es decir, desde una posición distinta de la posición del dispositivo de diagnóstico) el estado de calibración, se puede mejorar la utilidad y la eficiencia del servicio de software a distancia de sistemas de diagnóstico.

55 La invención se refiere a un método de actualizar y verificar a distancia un estado de calibración de un instrumento que incluye una porción de medición y un sistema informático acoplado a la porción de medición. El instrumento es un sistema de diagnóstico. El método incluye las acciones de proporcionar una actualización de software al instrumento desde una posición remota mediante un enlace de comunicaciones, sin activar la porción de medición del instrumento, realizar un procedimiento de comprobación de calibración en el instrumento, y proporcionar un indicador de estado de calibración que identifica el estado de calibración del instrumento después del procedimiento de comprobación de calibración. La realización del procedimiento de comprobación de calibración se efectúa sin activar simultáneamente la porción de medición del instrumento. La realización del procedimiento de comprobación de calibración no incluye medir simultáneamente un objeto de calibración con el instrumento.

60 Según las invenciones, la realización del procedimiento de comprobación de calibración incluye recuperar datos de prueba de calibración almacenados, procesar los datos de prueba de calibración para generar una lectura de diagnóstico, comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal correcta conocida, y en base a la comparación, generar el indicador de estado de calibración. La realización del procedimiento de comprobación de

calibración incluye recuperar parámetros de calibración almacenados, donde el procesado de los datos de prueba de calibración se realiza usando los parámetros de calibración. Recuperar los datos de prueba de calibración almacenados incluye recuperar una imagen digital almacenada. Realizar el procedimiento de comprobación de calibración incluye recuperar datos de prueba de calibración sin procesar almacenados, procesar los datos de prueba de calibración sin procesar para generar una lectura de diagnóstico, comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal correcta conocida, y en base a la comparación, generar el indicador de estado de calibración. Recuperar los datos de prueba de calibración sin procesar almacenados puede incluir recuperar una imagen digital almacenada. Realizar el procedimiento de comprobación de calibración incluye además recuperar parámetros de calibración almacenados, donde el procesado de los datos de prueba de calibración sin procesar se realiza usando los parámetros de calibración. Generar el indicador de estado de calibración incluye generar el indicador de estado de calibración que indica que el estado de calibración del instrumento no es operativo. Generar el indicador de estado de calibración puede incluir generar datos que identifican uno o varios parámetros de calibración corrompidos. Generar el indicador de estado de calibración incluye generar un indicador de estado de calibración que indica que el estado de calibración del instrumento es operativo proporcionar el indicador de estado de calibración incluye proporcionar el indicador de estado de calibración a partir del instrumento mediante el enlace de comunicaciones. Proporcionar el indicador de estado de calibración incluye proporcionar el indicador de estado de calibración desde el instrumento a una interfaz de usuario remota mediante el enlace de comunicaciones.

La invención se refiere a un método de verificar un estado de calibración de un instrumento incluyendo un procesador, incluyendo el método las acciones de iniciar un procedimiento de comprobación de calibración en el procesador, recuperar datos de prueba de calibración sin procesar almacenados obtenidos durante un procedimiento de calibración realizado previamente en el instrumento, procesar los datos de prueba de calibración sin procesar con el procesador para generar una lectura de diagnóstico, y en base a la lectura de diagnóstico, generar un indicador de estado de calibración que indica si el procedimiento de comprobación de calibración pasó o falló.

Generar el indicador de estado de calibración incluye una acción de comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal conocida y generar el indicador de estado de calibración en base a un resultado de la comparación. Procesar los datos de prueba de calibración sin procesar incluye procesar los datos de prueba de calibración sin procesar usando parámetros de calibración específicos del instrumento. Recuperar los datos de prueba de calibración sin procesar almacenados incluye recuperar una imagen digital de un objeto de prueba de calibración tomado por el instrumento durante el procedimiento de calibración previamente realizado. El método incluye además la acción de proporcionar el indicador de estado de calibración a una interfaz de usuario remota mediante un enlace de comunicación entre el instrumento y la interfaz de usuario remota. La verificación del estado de calibración del instrumento se realiza sin medir simultáneamente un objeto de calibración con el instrumento.

Según la invención, un método de verificar un estado de calibración de un instrumento incluyendo las acciones de recuperar datos de prueba de calibración almacenados, procesar los datos de prueba de calibración para generar una lectura de diagnóstico, comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal conocida, y en base a la comparación, generar una salida indicativa del estado de calibración del instrumento, donde la verificación del estado de calibración del instrumento se realiza sin medir un objeto de calibración con el instrumento. Recuperar los datos de prueba de calibración almacenados y procesar los datos de prueba de calibración para generar la lectura de diagnóstico incluye recuperar datos de prueba de calibración sin procesar almacenados, y procesar los datos de prueba de calibración sin procesar para generar la lectura de diagnóstico. La verificación del estado de calibración del instrumento se realiza sin medir simultáneamente un objeto de calibración con el instrumento. Recuperar los datos de prueba de calibración almacenados puede incluir recuperar una imagen digital almacenada. Procesar los datos de prueba de calibración incluye procesar los datos de prueba de calibración usando parámetros de calibración específicos del instrumento. Procesar los datos de prueba de calibración sin procesar incluye procesar los datos de prueba de calibración sin procesar usando parámetros de calibración específicos del instrumento. Generar la salida indicativa del estado de calibración del instrumento puede incluir generar una salida que identifica un parámetro de calibración corrompido. Generar la salida indicativa del estado de calibración del instrumento incluye generar una salida que indica que se requiere mantenimiento del instrumento. Generar una salida indicativa del estado de calibración del instrumento incluye generar una salida que indica que el instrumento está calibrado adecuadamente.

Según la porción de invención, un enlace de comunicaciones acoplado al sistema informático, donde el sistema informático incluye un procesador configurado para recibir una actualización de software de una posición remota mediante el enlace de comunicaciones, realizar un procedimiento de comprobación de calibración del sistema de diagnóstico sin activar la porción de medición, y proporcionar un indicador de estado de calibración que identifica el estado de calibración del sistema de diagnóstico después del procedimiento de comprobación de calibración. El procesador está configurado para verificar el estado de calibración del sistema de diagnóstico sin la medición simultánea de un objeto de calibración con la porción de medición. El procesador está configurado además para proporcionar el indicador de estado de calibración a una interfaz de usuario remota mediante el enlace de comunicaciones. El sistema informático incluye además un dispositivo de almacenamiento, y el procesador está configurado para realizar el procedimiento de comprobación de calibración recuperando datos de prueba de calibración sin procesar almacenados del dispositivo de almacenamiento, procesar los datos de prueba de

calibración sin procesar para generar una lectura de diagnóstico, comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal conocida, y en base a la comparación, generar el indicador de estado de calibración.

5 Según la invención, un sistema de diagnóstico incluye un cabezal de medición, un dispositivo de almacenamiento acoplado al cabezal de medición y que guarda datos de prueba de calibración sin procesar generados por el cabezal de medición, y un procesador acoplado al dispositivo de almacenamiento. El procesador está configurado para recuperar los datos de prueba de calibración sin procesar almacenados del dispositivo de almacenamiento sin activar el cabezal de medición, procesar los datos de prueba de calibración sin procesar para generar una lectura de diagnóstico, comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal conocida, y en base a la comparación,
10 generar una salida indicativa de un estado de calibración del sistema de diagnóstico. Así, el procesador está configurado para verificar un estado de calibración del sistema de diagnóstico sin requerir la medición simultánea de un objeto de calibración con el cabezal de medición.

15 El sistema de diagnóstico incluye además un puerto de comunicaciones acoplado a un enlace de comunicaciones y al procesador, donde el procesador está configurado además para transmitir la salida a una posición remota mediante el enlace de comunicaciones. El procesador está configurado además para recibir una mejora de software mediante el enlace de comunicaciones y para iniciar un procedimiento de comprobación de calibración después de la instalación de la mejora de software. El sistema de diagnóstico puede incluir, por ejemplo, al menos uno de un pupilómetro, un sensor de frente de onda, un dispositivo de Plácido y un dispositivo de barrido de hendidura. En un
20 ejemplo, el dispositivo de almacenamiento guarda parámetros de calibración específicos del sistema de diagnóstico, y el procesador está configurado además para recuperar al menos un parámetro de calibración del dispositivo de almacenamiento y para procesar los datos de prueba de calibración sin procesar usando el al menos único parámetro de calibración para generar la lectura de diagnóstico. La salida indica que el estado de calibración del sistema de diagnóstico no es válido, y contiene información que identifica al menos un parámetro de calibración
25 corrompido. Los datos de prueba de calibración sin procesar almacenados incluyen una imagen digital almacenada de un objeto de calibración. La imagen digital puede ser adquirida durante una medición de calibración realizada antes del procedimiento de comprobación de calibración.

Breve descripción de los dibujos

30 Varios aspectos de la invención se explican a continuación con referencia a las figuras acompañantes, que no se ha pretendido representar a escala. Las figuras se incluyen para proporcionar una ilustración y una mejor comprensión y se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, pero no se consideran una definición de los límites de la invención. Donde las características técnicas de las figuras, la descripción detallada o cualquier
35 reivindicación van seguidas de signos de referencia, dichos signos de referencia se han incluido con la única finalidad de incrementar la inteligibilidad de las figuras, la descripción detallada y/o las reivindicaciones. Consiguientemente, ni los signos de referencia ni su ausencia se considera que tienen ningún efecto limitativo en el alcance de cualesquiera elementos reivindicados. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en varias figuras se representa con un número análogo. Para mayor claridad, no todos los componentes
40 pueden estar etiquetados en cada figura. En las figuras:

La figura 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento de calibración convencional.

45 La figura 2 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un sistema de diagnóstico según aspectos de la invención.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento de calibración o verificación de calibración, según aspectos de la invención.

50 La figura 4 es un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento de verificación de calibración a distancia según aspectos de la invención.

La figura 5A es un ejemplo de una imagen sin procesar de una pupila que tiene un tamaño de abertura definido de 5 mm.

55 La figura 5B es un ejemplo de una imagen procesada correspondiente a la imagen sin procesar de la figura 5A.

La figura 6 es un ejemplo de una imagen sin procesar de una herramienta de prueba de calibración usada para calibrar un sensor de frente de onda.

60 La figura 7 es una ilustración de un ejemplo de una matriz de lenticulos de sensor de frente de onda, según aspectos de la invención.

La figura 8 es un ejemplo de una imagen procesada correspondiente a la imagen sin procesar de la figura 6.

65 La figura 9 es un ejemplo de una imagen de Plácido de referencia.

La figura 10 es una porción de una tabla que ilustra datos de prueba de calibración sin procesar almacenados ejemplares correspondientes a la imagen de Plácido de la figura 9.

5 La figura 11 es un ejemplo de una imagen de Plácido de referencia usada para análisis de ganancia de un dispositivo de Plácido.

La figura 12A es un ejemplo de una imagen de hendidura de una esfera de referencia con un radio definido.

10 Y la figura 12B es un ejemplo de un mapa de elevación anterior de la esfera de referencia.

Descripción detallada

15 Los sistemas de diagnóstico incluyen por lo general tanto una porción de hardware como de software. Como se ilustra en la figura 2, el hardware del sistema de diagnóstico 200 incluye un cabezal de medición 210 que realiza mediciones en objetos de prueba u objetos de calibración montados en el sistema, y un ordenador o procesador 220. El ordenador 220 puede implementarse de varias formas, incluyendo, aunque sin limitación, un ordenador de propósito general acoplado al cabezal de medición 210, y un ordenador especializado integrado. El ordenador 220 está programado con software que puede realizar o controlar varios aspectos y funciones del sistema de diagnóstico, incluyendo, por ejemplo, software de procesamiento para analizar los datos adquiridos durante tal medición y para generar la lectura de diagnóstico. Este software puede ser actualizado periódicamente como parte del mantenimiento del sistema de diagnóstico. Según la invención, el sistema de diagnóstico 200 está acoplado a una interfaz de usuario en una posición remota 230 mediante un enlace de comunicaciones 240 para poder realizar mejoras o actualizaciones a distancia del software mediante el enlace de comunicaciones 240. Así, el ordenador 220 puede incluir o estar acoplado a un puerto de comunicaciones 250. Los ejemplos del enlace de comunicaciones 240 incluyen, aunque sin limitación, un enlace inalámbrico, un enlace por cable, un enlace de fibra óptica, una conexión de Internet, una conexión de red, etc. Igualmente, el puerto de comunicaciones 250 puede implementarse usando sistemas estándar.

30 Como se ha explicado anteriormente, los procedimientos de calibración típicos para tales sistemas de diagnóstico incluyen el montaje de objetos de calibración en el sistema de diagnóstico y la comparación de los datos de una medición del objeto de calibración con los valores nominales. Durante el procedimiento de calibración, la única configuración de hardware del sistema de diagnóstico se incluye en el cálculo de un análisis de medición. Si los valores calculados, o la lectura de diagnóstico, obtenidos del análisis de medición están dentro de un cierto rango de aceptación, entonces se considera que el sistema de diagnóstico está calibrado apropiadamente, mientras que cualquier desviación del rango de aceptación indica que el estado de calibración ya no es válido. El rango de aceptación puede ser definido por rangos de valores aceptados para cada uno de una variedad de parámetros de calibración. Estos parámetros de calibración dependen del sistema de diagnóstico y pueden incluir, por ejemplo, parámetros tales como el tamaño de píxel de la cámara, la longitud focal de la cámara, la distancia entre espejos, etc, como conocen los expertos en la técnica.

40 Dado que los parámetros de calibración están almacenados en el software del sistema de diagnóstico, es posible que, cuando se instale una mejora de software, los parámetros de calibración puedan corromperse. Consiguientemente, cuando el software es actualizado, es importante verificar el estado de calibración del dispositivo de diagnóstico. Como se ha explicado anteriormente, los sistemas de diagnóstico pueden estar acoplados con comunicación a posiciones remotas, de tal manera que puedan realizarse actualizaciones de software a distancia. Sin embargo, como también se ha explicado anteriormente, los procedimientos de calibración convencionales requieren por lo general que un operador experto monte y alinee el objeto de calibración en el sistema de diagnóstico. Por lo tanto, incluso aunque la actualización de software pueda instalarse a distancia, el servicio de software completo del sistema de diagnóstico requiere que un operador in situ verifique la calibración.

50 Según la invención, proporcionando un método y aparato para verificar a distancia el estado de calibración de un sistema de diagnóstico, la base para un servicio de software a distancia está abierta. Como se explica mejor más adelante, la invención evita la necesidad de hacer que un operador del sistema de diagnóstico compruebe el estado de calibración localmente siempre que se instale a distancia una mejora de software. Además, los métodos y aparatos explicados aquí pueden ser usados para realizar comprobaciones del estado de calibración en cualquier momento, por ejemplo, de forma regular para detectar cambios no intencionados en el sistema de diagnóstico, o después de eventos, tal como un fallo de potencia, o en cualquier otro momento en que se desee verificar el estado de calibración del sistema de diagnóstico.

60 Además, la fraseología y la terminología aquí usadas tienen la finalidad de descripción y no deberán considerarse como limitación. Cualesquiera referencias a realizaciones o elementos o acciones de los sistemas y métodos a los que aquí se hace referencia en singular también pueden abarcar realizaciones incluyendo una pluralidad de estos elementos, y cualesquiera referencias aquí en plural a cualquier realización o elemento o acción también pueden abarcar realizaciones incluyendo solamente un solo elemento. Las referencias en forma singular o plural no tienen la finalidad de limitar los sistemas o métodos actualmente descritos, sus componentes, acciones o elementos. El uso aquí de "incluir", "comprender", "tener", "contener", "implicar" y variaciones de los mismos se entiende abarcando los

elementos enumerados a continuación y sus equivalentes así como elementos adicionales. Las referencias a “o” pueden interpretarse como inclusivas de modo que cualesquiera términos descritos usando “o” pueden indicar alguno de un solo, más de uno, y todos los términos descritos. Cualesquiera referencias a parte delantera y trasera, izquierda y derecha, arriba y abajo, y superior e inferior son a efectos de conveniencia de la descripción, no de limitación de los presentes sistemas y métodos o sus componentes a alguna orientación posicional o espacial.

Con referencia a la figura 3, se ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento de calibración o verificación de calibración similar al procedimiento de calibración explicado anteriormente con referencia a la figura 1. Según la invención, cuando se realiza la medición del objeto de calibración (paso 110), se adquieren datos digitales sin procesar. El paso 300 incluye almacenar estos datos sin procesar adquiridos, denominados datos de prueba de calibración sin procesar, en un dispositivo de almacenamiento o dispositivo de memoria 260 que forma parte o está acoplado al ordenador 220 del sistema de diagnóstico 200 (véase la figura 2). En un ejemplo, en el que el sistema de diagnóstico es un sistema óptico configurado para medir el ojo humano, los objetos de calibración para cada sistema de diagnóstico individual están diseñados para modelar las características aplicables de un ojo real. Consiguientemente, los datos típicos recogidos durante una adquisición no son significativamente diferentes de los datos que se originan en un ojo real. En un ejemplo, los datos sin procesar adquiridos durante el paso 110 son imágenes tomadas por cámaras (incluidas en el cabezal de medición 210) que operan en el rango visible o infrarrojo del espectro. Así, los datos sin procesar pueden incluir imágenes en color o imágenes en escala de grises que pueden almacenarse como datos digitales. Igualmente, en otros ejemplos en los que los sistemas de diagnóstico analizan cosas distintas del ojo, (por ejemplo, analizadores de espectro, espectómetros, etc), los datos sin procesar adquiridos pueden ser imágenes o datos numéricos que pueden ser almacenados como datos digitales. Consiguientemente, aunque la explicación siguiente puede referirse a ejemplos de sistemas de diagnóstico ópticos, se ha de apreciar que la invención no se limita a ello y puede aplicarse a cualquier tipo de sistema de diagnóstico en el que se adquieran datos digitales durante el procedimiento de calibración.

Todavía con referencia a la figura 3, en el paso 310 el software de procesamiento procesa las imágenes adquiridas y el resultado del análisis es un conjunto de valores que se usan para calibrar o determinar el estado de calibración del sistema. Como se ha explicado anteriormente, la medición del objeto de calibración (paso 110) incluye la configuración de hardware única del sistema de diagnóstico. Consiguientemente, los pasos 100 y 110 están “relacionados con hardware” en los que se basan e incorporan aspectos del cabezal de medición 210. Si no se hacen cambios en el hardware, por ejemplo, solamente se realiza una actualización de software, entonces las partes relacionadas con hardware del procedimiento de calibración (pasos 100 y 110) deberán ser estables dentro del intervalo de mantenimiento establecido para el sistema de diagnóstico.

Consiguientemente, un método de verificar el estado de calibración de un sistema de diagnóstico es independiente de las porciones relacionadas con hardware de un procedimiento de calibración convencional y por lo tanto puede realizarse a distancia. El método usa datos de prueba de calibración sin procesar procedentes de un procedimiento de calibración realizado previamente que se almacenó en un dispositivo de almacenamiento 260 durante el paso 300 en unión con los parámetros de calibración almacenados para verificar si el estado de calibración del sistema de diagnóstico es válido, o si un evento (tal como la corrupción de uno o varios parámetros de calibración durante una mejora de software) ha invalidado el estado de calibración del sistema.

Con referencia a la figura 4, se ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo de un método para verificar el estado de calibración de un sistema de diagnóstico. En el paso 400, el sistema de diagnóstico entra en un modo de comprobación de calibración para realizar el procedimiento de comprobación de calibración. El modo de comprobación de calibración puede ser iniciado, por ejemplo, por una orden dada al ordenador 220 desde la interfaz de usuario remota 230. La orden de iniciar el procedimiento de comprobación de calibración puede darse en respuesta a una condición o evento tal como, aunque sin limitación, después de una mejora de software instalada en el sistema de diagnóstico, un fallo de potencia en la posición del sistema de diagnóstico, un impacto del ordenador 220, o como parte de un evento de mantenimiento rutinario. En otro ejemplo, el modo de comprobación de calibración puede ser introducido automáticamente en base a políticas, tal como programa de mantenimiento, almacenadas en el ordenador 220 o transmitidas automáticamente al ordenador 220 mediante el enlace de comunicaciones 240.

Una vez iniciado el procedimiento de comprobación de calibración, el software de procesamiento carga el conjunto de datos sin procesar almacenados y los parámetros de calibración almacenados en el flujo de procesamiento (paso 410). Esto hace obsoleto el montaje de un objeto de calibración. Consiguientemente, en un ejemplo, los pasos 100 y 110 de un procedimiento de calibración convencional son sustituidos por los pasos 400 y 410 del procedimiento de comprobación de calibración. El conjunto de datos sin procesar almacenados es procesado en base a los parámetros de calibración almacenados generando una lectura de diagnóstico (paso 420). Si los parámetros de calibración son correctos, suponiendo que no haya otros errores en el software de procesamiento, la lectura de diagnóstico corresponderá a un conjunto de resultados conocido. En este caso, la comparación de la lectura de diagnóstico calculada con valores nominales correctos conocidos (paso 430) dará un resultado esperado, y el software de procesamiento genera un indicador de estado de calibración que indica que la comprobación de calibración fue satisfactoria (paso 440). Alternativamente, si alguno de los parámetros de calibración está corrompido, o se ha producido otro error en el software de procesamiento, el resultado del paso 430 indicará que la lectura de diagnóstico

está fuera del rango de aceptación definido. En este caso, el software de procesado genera un indicador de estado de calibración que indica que la comprobación de calibración ha fallado, es decir, el estado de calibración del sistema de diagnóstico no es válido o no es operativo, y consiguientemente, el servicio del sistema de diagnóstico puede ser necesario (paso 450).

5 Según una realización, el ordenador 220 envía el indicador de estado de calibración a la interfaz de usuario remota 230 mediante el enlace de comunicaciones 240. Así, el procedimiento de comprobación de calibración puede ser iniciado a distancia y el resultado del procedimiento se puede ver a distancia. Además, el procedimiento de comprobación de calibración no requiere el montaje de un objeto de calibración en el sistema de diagnóstico y no
10 requiere que el cabezal de medición del instrumento sea activado. Por lo tanto, el procedimiento de comprobación de calibración puede ser realizado sin que un operador esté presente in situ, y solamente tienen que estar activas las porciones del ordenador 220 requeridas para acceder al dispositivo de almacenamiento, realizar el procesado de datos y transmitir el indicador de estado de calibración a la posición remota. Así, el método y el aparato permiten que un operador realice una prueba de calibración a distancia de los componentes de software del dispositivo de diagnóstico. Esto puede mejorar en gran medida el valor de realizar mejoras de software a distancia en el dispositivo
15 de diagnóstico dado que la verificación de calibración también se puede hacer a distancia, y puede proporcionar una base sólida de regulación para la mejora a distancia del software de dispositivos de diagnóstico. Además, la capacidad de verificar a distancia el estado de calibración del instrumento después de una mejora de software u otro evento puede reducir en gran medida el costo de estas actividades y del mantenimiento del instrumento dado que se evita la necesidad de que un operador experto local realice la calibración.

Además, cuando falla el procedimiento de comprobación de calibración, el indicador de estado de calibración puede contener información que permita al operador remoto diagnosticar qué tipo de error se ha producido, o qué parámetro de calibración se ha corrompido. Esto puede permitir al operador remoto iniciar el mantenimiento apropiado y enviar un técnico apropiado para realizar el servicio del instrumento más rápidamente y con mayor
25 efectividad de costos. En particular, algunos parámetros de calibración están directamente relacionados con características reconocibles en las imágenes procesadas o los flujos de datos. Consiguientemente, un cambio en una de estas características reconocibles puede indicar al operador qué parámetro de calibración ha sido afectado. Por ejemplo, en un sistema óptico de formación de imágenes, la distancia entre la cámara y el objeto de calibración da lugar a desenfoque o magnetización de toda la imagen. Consiguientemente, si la imagen procesada resultante de
30 paso 420 está desenfocada o es de tamaño ampliado/reducido en comparación con el resultado esperado, esto puede indicar al operador que el parámetro de calibración de distancia está corrompido.

En un ejemplo, el ordenador 220 puede transmitir los datos procesados a la interfaz de usuario remota para ser analizados por el operador remoto. Así, el indicador de estado de calibración puede incluir los datos procesados. En otro ejemplo, el software de procesado puede identificar parámetros de calibración corrompido candidatos en base al resultado del paso de comparación 403, y el indicador de estado de calibración puede incluir información que identifique los parámetros candidato corrompidos. Como reconocerán los expertos en la técnica que conozcan esta descripción, hay numerosas variaciones en la información y datos que pueden incluirse en el indicador de estado de
35 calibración, incluyendo simplemente una indicación de que el estado de calibración es válido/operativo o no válido/inoperativo. Además, en un ejemplo, el indicador de estado de calibración, incluyendo opcionalmente la imagen procesada, puede ser visualizado localmente por el ordenador 220 así como, o en lugar de, ser transmitido a la posición remota. Igualmente, el ordenador 220 puede almacenar el indicador de estado de calibración para acceso posterior por un operador local.

45 En un ejemplo, los conjuntos de datos sin procesar y los parámetros de calibración son renovados y actualizados con cada acción de servicio realizada in situ por personal de servicio. Por ejemplo, los conjuntos de datos sin procesar y/o los parámetros de calibración pueden ser actualizados cuando se hagan cambios en el hardware del sistema o durante el mantenimiento regular del sistema. Los conjuntos de datos sin procesar también pueden ser actualizados cuando un operador realice una calibración manual del sistema de diagnóstico, ya sean parte del mantenimiento rutinario o no. Actualizar los conjuntos de datos sin procesar almacenados y los parámetros de calibración puede asegurar que las comprobaciones de calibración de software a distancia sean válidas y exactas porque se usan datos actuales. Además, el uso de datos digitales, más bien que un objeto físico de calibración, para
50 realizar el procedimiento de comprobación de calibración puede ofrecer varias ventajas. Por ejemplo, las características de los objetos de calibración pueden variar con las condiciones medioambientales cambiantes, como la temperatura o la humedad; mientras que los datos digitales almacenados permanecen constantes en el tiempo. Además, existen varios métodos para verificar que los datos digitales siguen siendo de hecho los mismos en el tiempo, tal como, por ejemplo, una suma de verificación u otros procedimientos. Consiguientemente, se puede obtener un resultado de comprobación de calibración más exacto usando los datos digitales almacenados más bien que un objeto físico de calibración.

Se puede usar ejemplos del procedimiento y del método de comprobación de calibración para una variedad de diferentes conceptos de medición y aplicarse a muchos sistemas de diagnóstico diferentes. Los ejemplos siguientes sirven para ilustrar algunas de las características nuevas, aspecto y ejemplos de la tecnología aquí descrita y no
65 deberán ser interpretados como limitación del alcance de las reivindicaciones anexas.

Ejemplo 1

En un ejemplo, el procedimiento y el método de comprobación de calibración pueden aplicarse a un pupilómetro. La referencia del pupilómetro se pone mediante una imagen de pupila de un objeto de calibración con una abertura definida. Consiguientemente, después de la alineación del objeto de calibración apropiado delante del pupilómetro, la imagen ilustrada en la figura 5A es adquirida usando la cámara de pupila. La figura 5 es una imagen del tamaño de pupila (tamaño de abertura) para un objeto de calibración con un tamaño de abertura definido de 5 mm. Esta imagen es el conjunto de datos sin procesar que se almacena como datos digitales en el paso 300. Dado que el tamaño de la abertura física del objeto de calibración es conocido, el análisis de la imagen tiene que proporcionar el tamaño especificado. Suponiendo que el objeto de calibración esté colocado correctamente, cualquier desviación de este tamaño predefinido indica un problema, por ejemplo, configuración errónea de un parámetro de calibración.

Un ejemplo de un parámetro de calibración de pupilómetro es el factor de ajuste de píxel a milímetro de la cámara. Las imágenes de cámara son analizadas típicamente en coordenadas de píxel, de modo que la primera información acerca del diámetro de pupila se dará en términos del número de píxeles (N_{pix}) dentro de la pupila. Para determinar el tamaño físico de la pupila en milímetros, se utiliza el factor de conversión de píxel a mm específico de la cámara (Pix2mm). Este factor de conversión es un ejemplo de un parámetro de calibración de sistema que viene dado para cualquier sistema concreto y definido en la producción del sistema. Los cambios de software en el sistema no deberán modificar este parámetro. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, es posible que este parámetro de calibración pueda ser sobrescrito por un valor erróneo durante una mejora de software. La corrupción de este parámetro de calibración daría lugar a diámetros de pupila deducidos incorrectamente.

Consiguientemente, en un ejemplo, se puede usar una comprobación de calibración a distancia para la verificación de este parámetro de calibración que define el número de μm por píxel de cámara. Para una comprobación de calibración a distancia del pupilómetro, el conjunto de datos digitales sin procesar correspondiente a la imagen que la cámara obtiene de la pupila de la figura 5A se carga en el flujo de procesado (paso 410). En el paso de procesado 430, se calcula el tamaño de abertura y, en el paso de análisis 440, el tamaño de abertura calculado se compara con el valor predefinido esperado. Por ejemplo, donde el diámetro nominal de la pupila \varnothing_{nom} es conocido, el procedimiento de comprobación de calibración puede ser usado para determinar el número de píxeles, y aplicando el parámetro de calibración Pix2mm, se calculará el diámetro real de la pupila \varnothing_{act} usando la ecuación:

$$\varnothing_{act} = N_{pix} \times Pix2mm \quad (1)$$

Una comparación entre \varnothing_{act} y \varnothing_{nom} durante el paso 420 puede dar lugar a una conclusión acerca del estado del parámetro de calibración del sistema Pix2mm. Así, el paso 430 de generar el indicador de estado de calibración puede incluir generar un indicador de estado que indique si el parámetro de calibración Pix2mm es correcto o no.

Además, si la calibración es correcta, la imagen procesada se asemejará a la representada en la figura 5B, que es una imagen de un círculo de pupila correctamente ajustado. Como se ha explicado anteriormente, después del paso 430, se genera un indicador de estado de calibración, indicando que el estado de calibración del pupilómetro es operativo (paso 440) o no operativo (paso 450), y se almacena en el ordenador 220, se transmite a la interfaz de usuario remota 230, y/o es visualizado localmente por el ordenador 220.

Ejemplo 2

En otro ejemplo, el procedimiento de comprobación de calibración puede aplicarse a un sensor de frente de onda. Un sensor de frente de onda, también denominado aberrómetro (término que se utilizará aquí de forma intercambiable), es un dispositivo que mide una diferencia en el recorrido óptico de luz entre un frente de onda deformado y un frente de onda ideal o de referencia. La medición, cuando es procesada adecuadamente, produce valores para varias aberraciones en el sistema óptico a través del que se propaga la luz, y que deforman el frente de onda. Se usan sensores de frente de onda en varias aplicaciones, incluyendo láseres de alta energía, formación de imágenes astronómicas, y medir las aberraciones del ojo con el objetivo de mejorar la calidad visual. Un ejemplo de un sensor de frente de onda es el instrumento detector de frente de onda del tipo Shack-Hartmann que puede ser usado para medir, entre otros parámetros, aberraciones oculares de orden superior.

Para calibrar el sensor de frente de onda, se analizan imágenes centroides de herramientas de prueba y se guardan los valores de calibración en los datos de calibración. Un ejemplo de una imagen sin procesar de una herramienta de prueba usada para calibrar el sensor de frente de onda se muestra en la figura 6. Las imágenes sin procesar se almacenan como conjuntos de datos digitales sin procesar durante el paso 300. Las posiciones reconocidas de los centroides en combinación con la longitud focal de la matriz de lenticulos (f) y la trama relacionada de la matriz de lenticulos determinan el resultado de dicho sensor de Hartmann-Shack. Los parámetros de matriz de lenticulos son ejemplos de parámetros de calibración que podrían ser sobrescritos por valores erróneos durante una mejora de software.

Por ejemplo, con referencia a la figura 7, se ilustra un diagrama de un ejemplo de un sensor de frente de onda, que

representa la relación entre valores calculados durante el análisis de los datos sin procesar almacenados y los parámetros de calibración de sistema. Un sensor de frente de onda como el explicado en este ejemplo mide la inclinación del frente de onda o en otros términos el ángulo (α) del frente de onda que se propaga a través del sistema. La inclinación en el frente de onda da lugar a un desplazamiento espacial (Δx) del haz enfocado de rayos de luz que se propaga a través de la matriz de lenticulos y genera la imagen centroide. La inclinación del frente de onda (α) o la tangente de este ángulo ($\tan[\alpha]$) tiene una relación directa al desplazamiento medido (ΔX) y la longitud focal de la matriz de lenticulos (f), dada por la ecuación siguiente:

$$\tan(\alpha) = \frac{\Delta x}{f} \quad (2)$$

Consignientemente, en un ejemplo, se puede usar una comprobación de calibración a distancia del sensor de frente de onda para verificar el parámetro de calibración que define la longitud focal de la matriz de lenticulos (f). En otro ejemplo, la comprobación de calibración a distancia también se puede usar para verificar el parámetro de calibración que define el factor de ajuste de píxel a milímetro de la cámara puesto que el valor de desplazamiento calculado (ΔX) depende del factor de ajuste de píxel a milímetro.

En un ejemplo, para una comprobación de calibración a distancia del sensor de frente de onda, en el paso 401, las imágenes Hartman-Shack sin procesar (figura 6) de esferas de calibración son recargadas al flujo de procesado. El software de procesado analiza las imágenes sin procesar y calcula la lectura de diagnóstico (paso 420). En un ejemplo, la lectura de diagnóstico puede incluir un ángulo de inclinación (α_{act}). Teniendo un ángulo de inclinación nominal α_{nom} dado como el valor deseado, cualquier desviación en el ángulo determinado real α_{act} indicará una desviación del parámetro de calibración de sistema f o el valor determinado ΔX que, como se ha explicado anteriormente, depende del factor de calibración de cámara Pix2mm. Así, en el paso 430, el software de procesado que comprueba la lectura de diagnóstico contra criterios de aceptación definidos puede comprobar el ángulo determinado α_{act} contra el ángulo de inclinación nominal α_{nom} para determinar si el estado de calibración del sensor de frente de onda es o no válido. La figura 8 es un ejemplo de una imagen procesada, obtenida después del paso 420, correspondiente a la imagen sin procesar ilustrada en la figura 6. Como se ha explicado anteriormente, después del paso 430, se genera un indicador de estado de calibración, que indica que el estado de calibración del sensor de frente de onda es operativo (paso 440) o no operativo (paso 450), y se almacena en el ordenador 220, se transmite a la interfaz de usuario remota 230, y/o es visualizado localmente por el ordenador 220. En un ejemplo, en el paso 450, el indicador de estado de calibración puede indicar un error en uno de los parámetros de calibración f o Pix2mm, como se ha explicado anteriormente.

Ejemplo 3

En otro ejemplo, el procedimiento de comprobación de calibración puede aplicarse a un topógrafo, tal como, por ejemplo, el dispositivo OrbscanTM que se puede obtener de Bausch y Lomb, Inc. El instrumento OrbscanTM es un ejemplo de un sistema de diagnóstico que incorpora dos módulos diferentes en un sistema, a saber un dispositivo de Plácido y un dispositivo de barrido de hendidura. El procedimiento de comprobación de calibración puede ser usado para verificar a distancia el estado de calibración de uno o de estos dos módulos.

El dispositivo de Plácido se calibra usando una esfera de referencia que tiene dimensiones definidas. Durante la calibración, una imagen de Plácido de referencia, tal como la ilustrada en la figura 9, de la esfera de referencia definida. Las posiciones de anillo de la esfera de referencia son evaluadas y almacenadas durante el paso 300. La figura 10 ilustra un ejemplo de los datos de prueba de calibración digitales sin procesar almacenados correspondientes a la imagen de referencia de la figura 9. Además, la ganancia de la cámara puede ser analizada y verificada con la imagen de Plácido adquirida. La figura 11 ilustra un ejemplo de una imagen de Plácido de referencia para análisis de ganancia.

Para realizar una comprobación de calibración a distancia del dispositivo de Plácido, los datos de prueba de calibración sin procesar (figura 10) correspondientes a las imágenes de Plácido sin procesar (figura 9) de la esfera de calibración son cargadas en el flujo de procesado (paso 410). El software de procesado analiza las imágenes (datos) y calcula los parámetros relacionados para generar la lectura de diagnóstico (paso 420). La lectura de diagnóstico se compara entonces con criterios de aceptación definidos (paso 430) para determinar si el estado de calibración del módulo es o no válido. Igualmente, para comprobar la ganancia de la cámara, se analiza la imagen de referencia (figura 11) y la medición de ganancia resultante se compara con valores de ganancia ideales predefinidos.

Para calibrar el dispositivo de barrido de hendidura, se analizan múltiples imágenes de hendidura que son adquiridas durante una adquisición. Los bordes detectados de las hendiduras son verificados visualmente para ver si están perturbados. Si las hendiduras no muestran inconsistencias, se analiza la elevación de la superficie anterior y los resultados se comparan con una ventana de aceptación. Un ejemplo de una imagen de hendidura sin procesar y un mapa de elevación relacionado resultante del procesado de la imagen sin procesar se muestran en las figuras 12A y

12B, respectivamente.

5 Para realizar una comprobación de calibración a distancia del dispositivo de barrido de hendidura, las imágenes de hendidura sin procesar de la esfera de calibración (figura 12A) son cargadas al flujo de procesado (paso 410). Las imágenes son analizadas y se calcula la lectura de diagnóstico relacionada (paso 420). Como se ha explicado anteriormente, la lectura de diagnóstico se compara con una lectura nominal correcta conocida (paso 430) y se genera un indicador de estado de calibración. En un ejemplo, el indicador de estado de calibración puede combinar los resultados de la comprobación de calibración tanto del dispositivo de Plácido como del dispositivo de barrido de hendidura para indicar si el estado de calibración del topógrafo en conjunto es o no válido. Alternativamente, el indicador de estado de calibración puede incluir indicaciones individuales sobre si los estados de calibración de los módulos individuales son o no válidos.

15 Los ejemplos anteriores ilustran cómo diferentes instrumentos así como los varios subsistemas de un sistema de diagnóstico complejo puede ser verificados a distancia para calibración por software apropiado. Como apreciarán los expertos en la técnica que conozcan esta descripción, las realizaciones del procedimiento de comprobación de calibración pueden aplicarse a cualquier tipo de sistema de diagnóstico que se base en un tipo de tecnología de adquisición de imágenes. Además, flujos de datos no imágenes pueden inyectarse igualmente al paso de procesado de realizaciones del método de comprobación de calibración para replicar otros tipos de datos de diagnóstico, tal como, por ejemplo, una exploración A generada por un interferómetro de coherencia parcial usado para la determinación de la longitud ocular.

REIVINDICACIONES

1. Un método de verificar un estado de calibración de un sistema de diagnóstico después de una actualización a distancia, que incluye una porción de medición (210) y un procesador (220) y un dispositivo de almacenamiento (260) acoplado a la porción de medición, incluyendo el método realizado por el compresor las acciones de:
- 5 proporcionar una actualización de software al sistema desde una posición remota mediante un enlace de comunicaciones (240), seguido de:
- 10 sin activar la porción de medición (210) del sistema, realizar una comprobación de calibración de una parte relacionada con software del sistema de diagnóstico incluyendo
- 15 recuperar datos de prueba de calibración sin procesar almacenados;
- 20 procesar los datos de prueba de calibración sin procesar para generar una lectura de diagnóstico;
- comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal correcta conocida; y
- 25 en base a la comparación, generar un indicador de estado de calibración; y
- 30 proporcionar el indicador de estado de calibración que identifica el estado de calibración del sistema después del procedimiento de comprobación de calibración.
2. El método según la reivindicación 1, donde realizar el procedimiento de comprobación de calibración incluye además recuperar parámetros de calibración almacenados; y
- 35 donde el procesado de los datos de prueba de calibración sin procesar se realiza usando los parámetros de calibración.
3. El método según la reivindicación 2, donde generar el indicador de estado de calibración incluye generar el indicador de estado de calibración que indica que el estado de calibración del sistema no es operativo, y preferiblemente donde generar el indicador de estado de calibración incluye generar datos que identifican un parámetro de calibración corrompido.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde generar el indicador de estado de calibración incluye generar el indicador de estado de calibración que indica que el estado de calibración del sistema es operativo.
5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde proporcionar el indicador de estado de calibración incluye proporcionar el indicador de estado de calibración a partir del sistema mediante el enlace de comunicaciones.
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde recuperar la fecha de prueba de calibración bruta almacenada incluye recuperar una imagen digital almacenada.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde procesar los datos de prueba de calibración sin procesar incluye procesar los datos de prueba de calibración sin procesar usando parámetros de calibración específicos del sistema, y preferiblemente
- 50 donde generar la salida indicativa del estado de calibración del sistema incluye generar una salida que identifica un parámetro de calibración corrompido.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde generar la salida indicativa del estado de calibración del sistema incluye generar una salida que indica que se requiere mantenimiento del sistema, y/o
- 55 donde generar la salida indicativa del estado de calibración del sistema incluye generar una salida que indica que el sistema está calibrado adecuadamente.
9. Un sistema de diagnóstico incluyendo:
- 60 un cabezal de medición (210);
- un dispositivo de almacenamiento (260) acoplado al cabezal de medición (210) que guarda datos de prueba de calibración sin procesar generados por el cabezal de medición;
- 65 un proceso (220) acoplado al dispositivo de almacenamiento (260) y configurado para recuperar los datos de prueba

de calibración sin procesar almacenados del dispositivo de almacenamiento (260) sin activar el cabezal de medición (210), procesar los datos de prueba de calibración sin procesar para generar una lectura de diagnóstico, comparar la lectura de diagnóstico con una lectura nominal conocida, y en base a la comparación, generar una salida indicativa de un estado de calibración de una parte relacionada de software del sistema de diagnóstico, y un puerto de comunicaciones (250) acoplado a un enlace de comunicaciones (240) y al procesador (220),

5

donde el procesador (220) está configurado además para recibir una mejora de software mediante el enlace de comunicaciones (240) y para iniciar un procedimiento de comprobación de calibración después de la instalación de la mejora de software.

10

10. El sistema de diagnóstico según la reivindicación 9,

donde el procesador (220) está configurado además para transmitir la salida a una posición remota mediante el enlace de comunicaciones (240).

15

11. El sistema de diagnóstico según la reivindicación 9 o 10, donde el sistema de diagnóstico incluye al menos uno de un pupilómetro, un sensor de frente de onda, un dispositivo de Plácido y un dispositivo de barrido de hendidura.

20

12. El sistema de diagnóstico según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, donde el dispositivo de almacenamiento (260) guarda parámetros de calibración específicos del sistema de diagnóstico; y

donde el procesador (220) está configurado además para recuperar al menos un parámetro de calibración del dispositivo de almacenamiento (260) y procesar los datos de prueba de calibración sin procesar usando el al menos único parámetro de calibración para generar la lectura de diagnóstico, y preferiblemente

25

donde la salida indica que el estado de calibración de la parte relacionada de software del sistema de diagnóstico no es válido, y contiene información que identifica al menos un parámetro de calibración corrompido.

30

13. El sistema de diagnóstico según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, donde los datos de prueba de calibración sin procesar almacenados incluyen una imagen digital de un objeto de calibración.

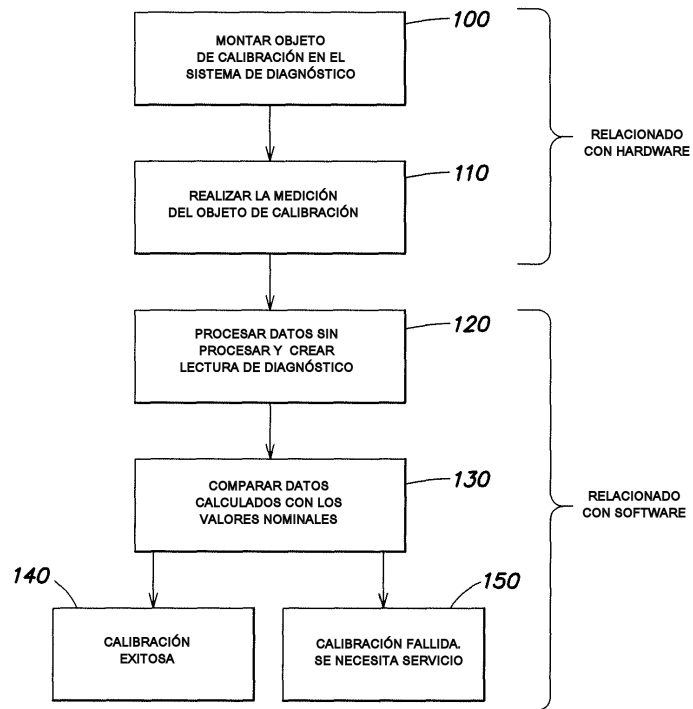


FIG. 1

(TÉCNICA RELACIONADA)

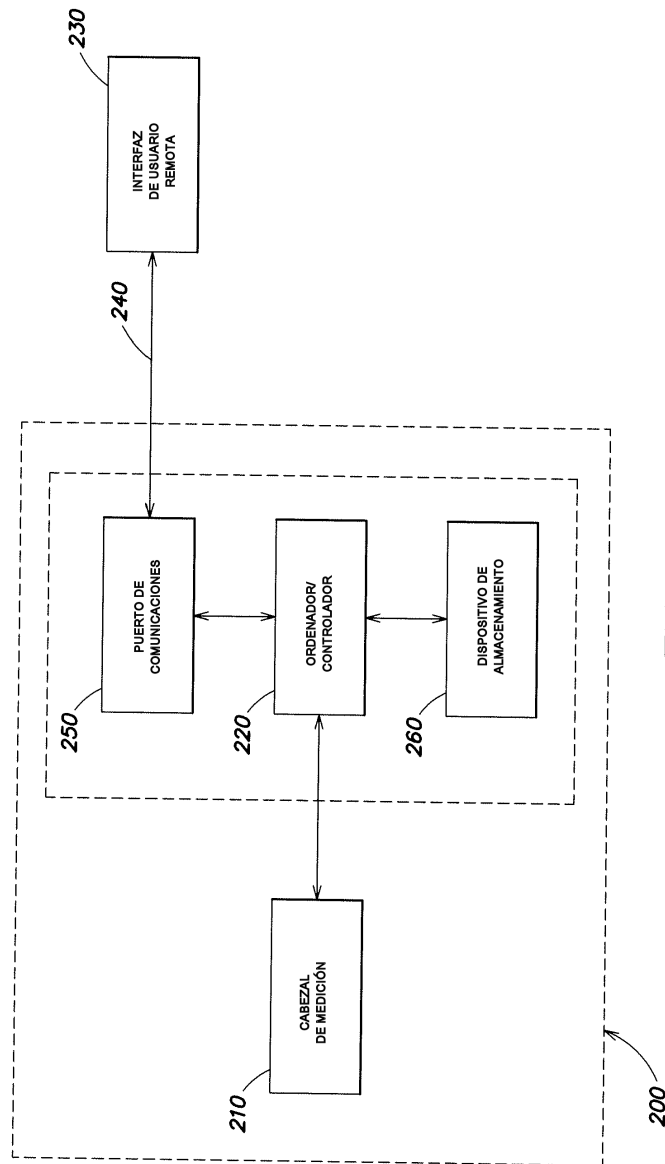


FIG. 2

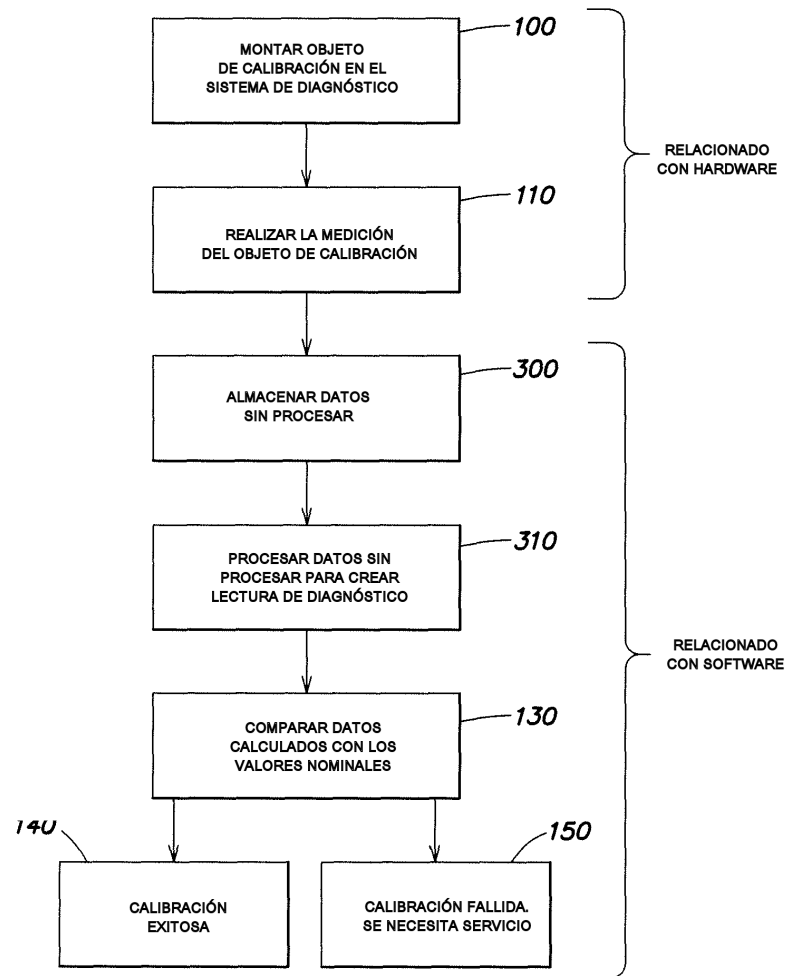


FIG. 3

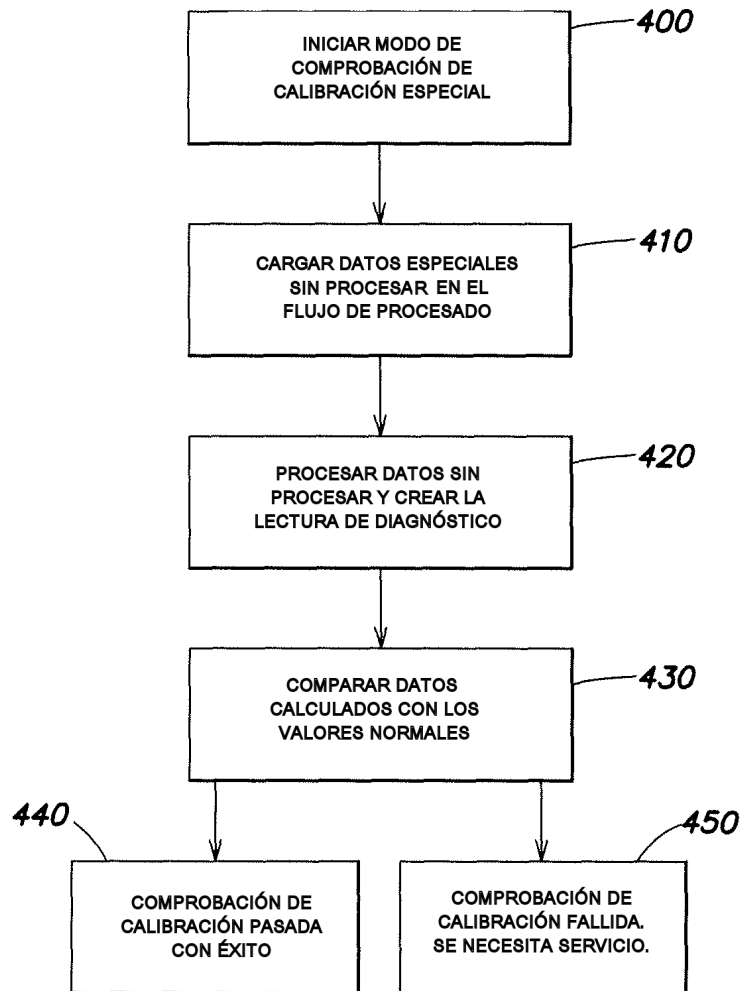


FIG. 4

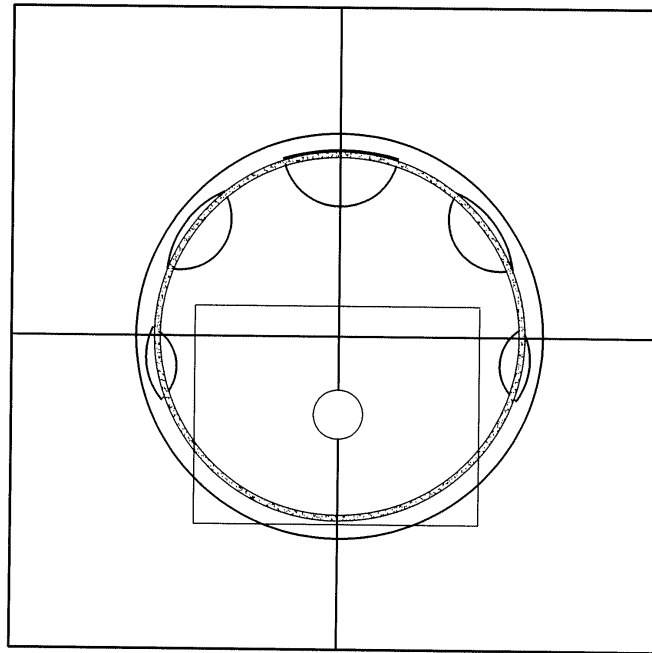


FIG. 5A

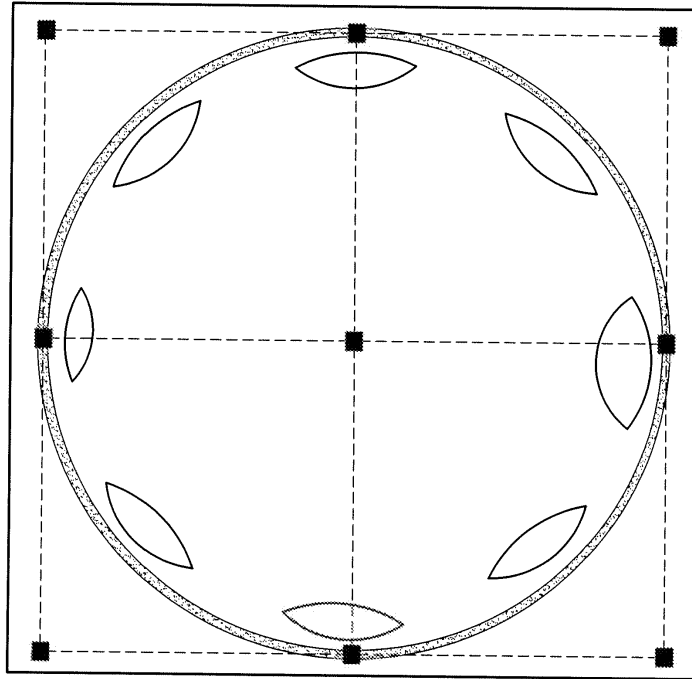


FIG. 5B

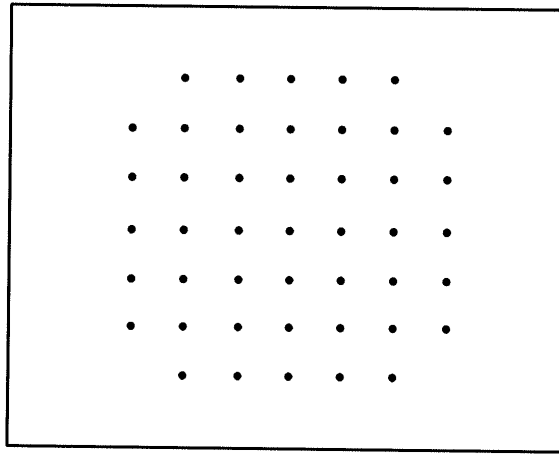


FIG. 6

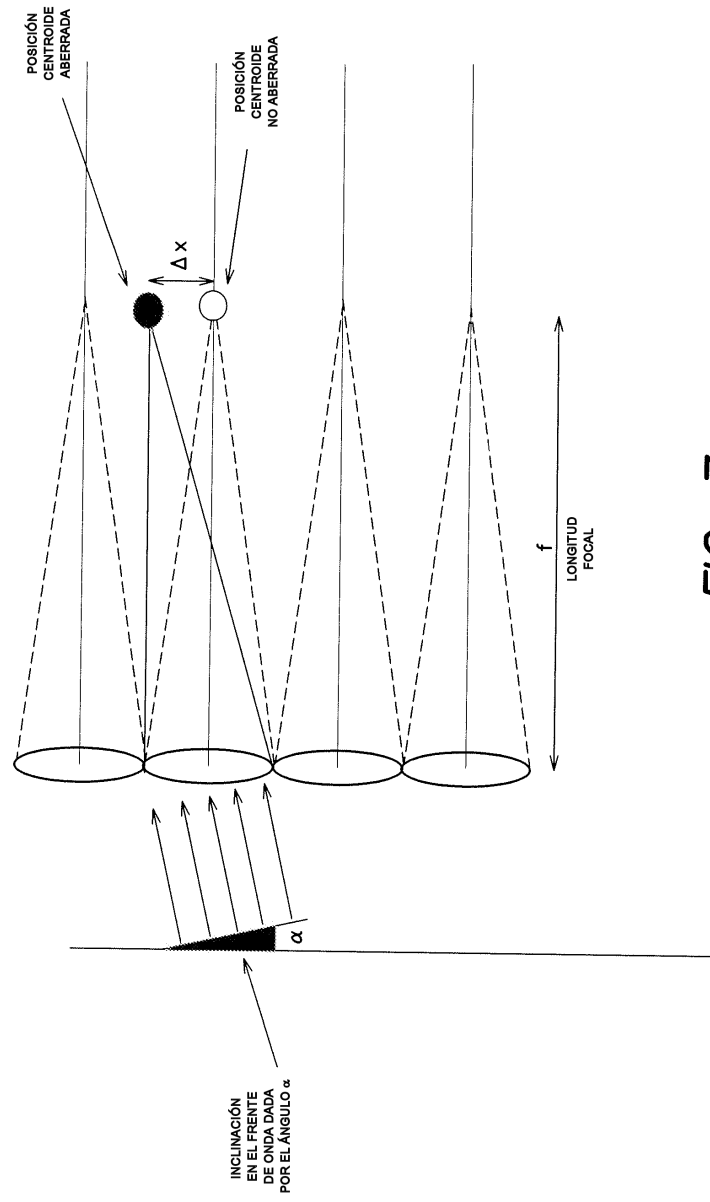


FIG. 7

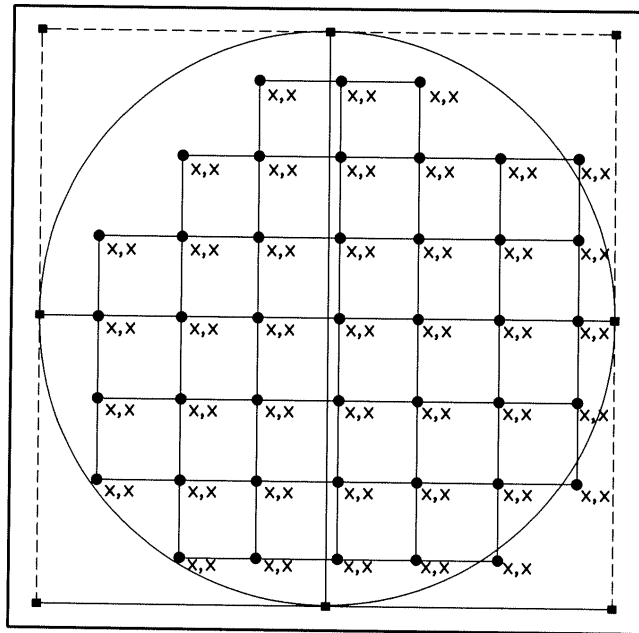


FIG. 8

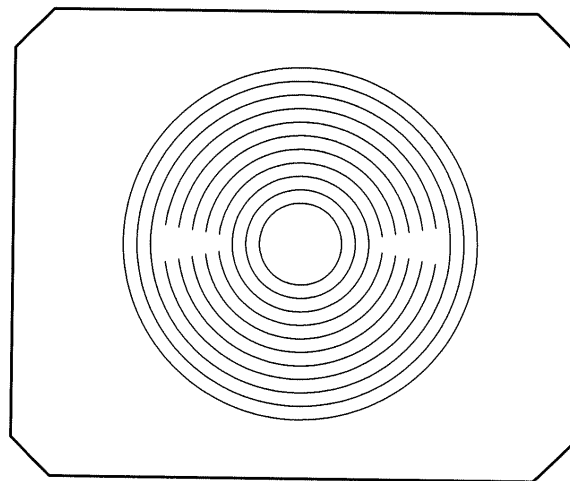


FIG. 9

.....40 36.2 44 58.4 66.7 81.5 89.8 104.6 113 127.8
230.6 246.3 254.9 270.3 279.1 294.5 303.5 0 0
40 36.2 44 58.5 66.7 81.6 89.8 104.6 112.9 127.8
136.2 151.1 159.7 174.5 183.2 197.9 206.4 222.1
40 36.2 44 58.5 66.7 81.6 89.8 104.6 112.9 127.8
136.2 151.1 159.7 174.5 183.2 197.9 206.4 222.1
40 36.2 44 58.5 66.7 81.6 89.8 104.6 112.9 127.8
136.2 151.1 159.7 174.5 183.1 197.9 206.4 222.1

FIG. 10

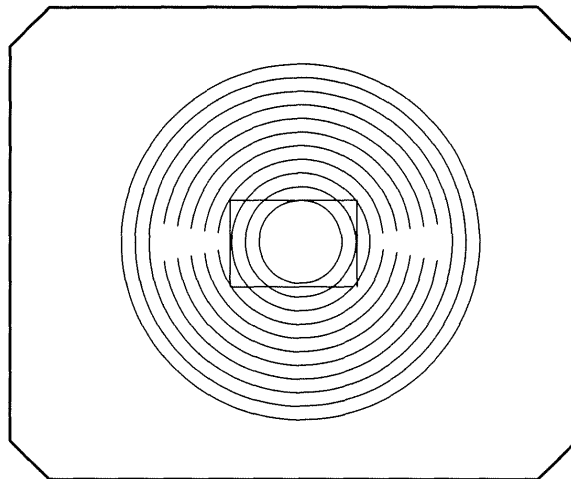


FIG. 11

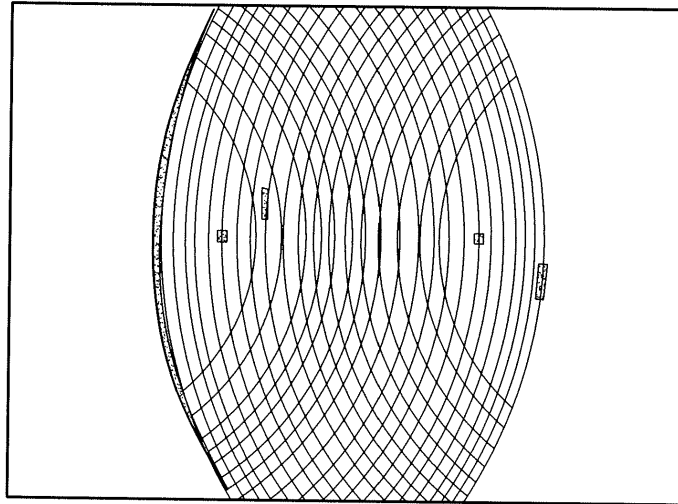


FIG. 12A

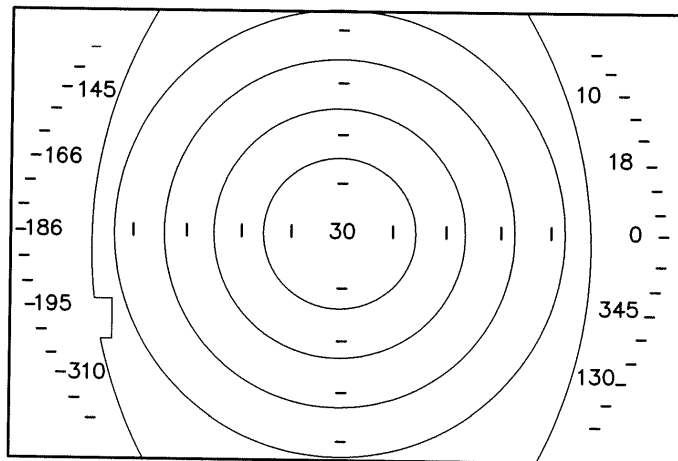


FIG. 12B